Blackout

Kleines Handbuch zum Umgang mit einer wachsenden Gefahr

Wulf Bennert

2. Auflage

ISBN 978-3-00-067547-8

KALEIDOSCRIPTUM
VERLAG

© 2020 Kaleidoscriptum Verlag,
in Kooperation mit Monumedia GmbH
Thälmannstraße 7, 99085 Erfurt
www.kaleidoscriptum-verlag.de
Alle Rechte vorbehalten

Gestaltung und Satz:
Monumedia GmbH
Thälmannstraße 7, 99085 Erfurt

Druck und Bindearbeiten:
Saxoprint GmbH
Enderstraße 92c
01277 Dresden

ISBN 978-3-00-067547-8

„Entweder lebt die Bevölkerung bewusst mit dem Restrisiko einer eingeschränkten bzw. fehlenden Versorgung im Falle eines lang anhaltenden flächendeckenden Stromausfalles, oder aber sie ergreift selbst Maßnahmen, um ein solches Risiko abzuwenden."

Fazit aus:

„Kapazitäten der Bevölkerung bei einem Stromausfall"

Empirische Untersuchung für das Bezugsgebiet Deutschland

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe 2013

KALEIDOSCRIPTUM
VERLAG

Danksagung

Herrn Dr. techn. Dipl.-Ing. Helmut Waniczek wird für inhaltliche Anregungen bei der Abfassung dieser Broschüre und für deren kritische Durchsicht herzlich gedankt.

Inhalt

1	Das Anliegen dieser Broschüre	6
2	Was sollte man zum besseren Verständnis der Broschüre über unser Stromnetz wissen?	8
3	Das Szenario eines Blackout	13
4	Gefahren für die Stabilität unseres Stromnetzes	15
4.1	Sonnenstürme (Carrington-Ereignis)	15
4.1.1	Ist ein Schutz vor extremen Sonnenstürmen möglich?	16
4.2	Umpolung des Magnetfeldes der Erde	17
4.3	Extreme Wetterereignisse	19
4.4	Menschliches Versagen	21
4.5	Cyberangriffe	23
4.6	Zunahme stochastischer Energien im Netz	24
4.7	Defizitäre Stromerzeugung...	28
4.7.1	...und ihre wahrscheinlichen Folgen	30
4.8	Abnahme der Schwarzstartfähigkeit	31
4.9	Mangelnde Sachkunde der Politik	32
5	Schwarze Schwäne und die Truthahnillusion	35
6	Vorsorge vor einem Blackout	37
6.1	Trinkwasser	37
6.1.1	Trinkwasser-Notbrunnen	39
6.2	Die Toilette...	39
6.3	...und das Abwasserproblem	40
6.4	Lebensmittel...	41
6.5	...und wie man sie zubereitet	42
6.6	Kann man auf die Zivile Notfallreserve setzen?	42
6.7	Licht im Dunkeln	43
6.8	Geld	44
6.9	Wird die Heizung bei einem Blackout noch warm?	45
6.10	Notstromversorgung	45
6.10.1	Welche Leistung wird benötigt?	46
6.10.2	Lichtstrom oder Drehstrom?	48
6.10.3	Benzin oder Diesel?	50
6.10.4	Kraftstoffe von der Tankstelle sind nicht lagerfähig!	50
6.11	Nutzung der Fotovoltaikanlage beim Blackout?	51
6.12	Woran man sonst noch denken sollte	51
7	Der Blackout ist eingetreten - oder ist es doch nur eine lokale Störung?	52
7.1	Sofortmaßnahmen...	52
7.2	...und Empfehlungen für längere Dauer des Stromausfalls	53
7.3	Horrorvorstellung: im Fahrstuhl ohne Strom	53
8	Schlusswort	55
9	Quellen	56
10	Über den Autor	58

1. Das Anliegen dieser Broschüre

Im Jahre 2008 wurde das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) beauftragt, die Folgen eines großflächigen und langandauernden Stromausfalls systematisch zu analysieren. Zwei Jahre später lag sein Bericht vor, dessen Fazit in der Drucksache 17/5672 des Bundestagsausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung **[1]** folgendermaßen lautet:

„Aufgrund der nahezu vollständigen Durchdringung der Lebens- und Arbeitswelt mit elektrisch betriebenen Geräten würden sich die Folgen eines langandauernden und großflächigen Stromausfalls zu einer Schadenslage von besonderer Qualität summieren. Betroffen wären alle Kritischen Infrastrukturen, und ein Kollaps der gesamten Gesellschaft wäre kaum zu verhindern. Trotz dieses Gefahren- und Katastrophenpotenzials ist ein diesbezügliches gesellschaftliches Risikobewusstsein nur in Ansätzen vorhanden."

Was bedeutet aber Risiko überhaupt? Seine gängige mathematische Definition ist das Produkt:

Risiko = Schadenshöhe x Eintrittswahrscheinlichkeit

Die Schadenshöhe eines Ereignisses bemisst sich üblicherweise in der Zähleinheit unseres Geldes (Euro), und Wahrscheinlichkeiten sind immer dimensionslose Zahlen. Die Produktgröße Risiko lässt sich dann also insgesamt in Euro ausdrücken. Der materielle **Schaden** eines **langandauernden großflächigen Stromausfalls (Blackout)** kann durchaus in die Billionen gehen, doch weil ein solches Ereignis zwangsläufig auch mit dem Verlust von Menschenleben verbunden ist, wird die Bestimmung der Schadenshöhe problematisch: Welchen Wert hat das einzelne Menschenleben? Die Antworten auf diese Frage fallen recht unterschiedlich aus. Die Weltgesundheitsorganisation WHO nennt eine Summe von 8,5 Millionen Euro, das General-Direktorat der Europäischen Kommission setzt 1 Million Euro an, und für den Weltklimarat IPCC ist ein Menschenleben mit 850.000 Euro vergleichsweise preiswert. Man sollte wohl dem Begriff der Schadenshöhe eine nicht quantifizierbare ethische Komponente zuordnen, die dann wenigstens für einen Vergleich unterschiedlicher Katastrophenszenarien hilfreich wäre.

Bei der Betrachtung der **Eintrittswahrscheinlichkeit** für einen Blackout ist zu bedenken, dass einzelne **unterschiedliche Ursachen** einen langandauernden und großflächigen Stromausfall zur Folge haben (s. Punkt 4). Diese Ursachen treten auch mit **unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten** ein. **Die resultierende Eintrittswahrscheinlichkeit dafür, dass ein Blackout überhaupt eintritt, kann dann mit dem Additionssatz der Wahrscheinlichkeitsrechnung berechnet werden. Sie ist zwar grundsätzlich kleiner als die einfache Summe der Einzelwahrscheinlichkeiten, jedoch deutlich größer als jede einzelne Wahrscheinlichkeit.**

Es ist unbestreitbar, dass in den zehn Jahren vom Bericht des Bundestagsausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung **[1]** bis heute unsere Abhängigkeit von elektrischem Strom durch zunehmende Elektrifizierung und Digitalisierung noch einmal erheblich zunahm. Damit hat sich die zu erwartende **Schadenshöhe** signifikant vergrößert. Aber auch bestimmte Gefahren für die Stabilität des Stromnetzes, wie Cyberkriminalität, defizitäre Stromversorgung, Anteil stochastischer Energien im Netz, oder der Einfluss inkompetenter Politiker werden im Laufe der Zeit größer, womit die resultierende Eintrittswahrscheinlichkeit zunimmt. **Mit dem gleichzeitigen Wachstum der beiden Faktoren Schadenshöhe und Eintrittswahrscheinlichkeit wächst das Risiko eines Blackout entsprechend stark an.**

Es wäre die Aufgabe der Bundesregierung, dieser Entwicklung – die einen katastrophalen Ausgang nehmen kann – zu wehren. Doch deren bisherige Leistungen auf dem Gebiet der Gefahrenabwehr sind alles andere als ermutigend, wie ein aktuelles Beispiel beweist. 2012 wurde unter Mitwirkung des Robert-Koch-Instituts und zahlreicher Bundesämter eine aufwändige Risikoanalyse „Pandemie durch Virus Modi-SARS" erarbeitet. Ihr fiktives Szenario beschreibt eine von Asien ausgehende, weltweite Verbreitung eines neuartigen Erregers „mit außergewöhnlichem Seuchengeschehen". Zu Grunde gelegt wurde dafür ein hypothetischer, jedoch mit realistischen Eigenschaften versehener Erreger „Modi-SARS". Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Analyse sind in der Bundestagsdrucksache 17/12051 allgemein zugänglich. Als 2020 von China aus das Virus Covid 2 nach Deutschland kam, erklärte Gesundheitsminister Spahn: „Wir haben die Lage völlig im Griff und sind optimal vorbereitet!". Das Fehlen jeglicher Vorbereitung wurde umgehend offenbar. Und die zuständigen Funktionsträger verhielten sich so, als hätte es die opulente Risikoanalyse des Jahres 2012 nie gegeben: inkompetent und hilflos.

Deshalb ist die Frage angebracht, wieviel Vertrauen eine regierungsamtlich vorbeugende Gefahrenabwehr gegen den Blackout verdient. Immerhin hat sich die Regierung in jüngster Zeit zu ein paar Maßnahmen des vorbeugenden Zivilschutzes entschlossen. Zum ersten Mal seit dem Ende des Kalten Krieges forderte sie 2016 die Bevölkerung auf, einen Vorrat von Lebensmitteln für 10 Tage und Trinkwasser für fünf Tage vorzuhalten. Leider wurde dieses Regierungshandeln durch Negativberichterstattung in den Leitmedien über sogenannte „Prepper" konterkariert, die (wie auch bei WIKIPEDIA) in Zusammenhang mit „Reichsbürgern, rechten Gruppierungen und Verschwörungstheoretikern" gebracht werden.

Beim **Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK)** ist als wesentlichste Information der Bevölkerung eine Broschüre unter dem Titel **„Stromausfall – Vorsorge und Selbsthilfe" [2]** erhältlich. Ihr in großen Lettern gedruckter Text enthält bemerkenswerte Empfehlungen von hohem Grad der Allgemeingültigkeit, wie:

„Das Licht von Kerzen, Taschen- oder Campinglampen (mit den erforderlichen Batterien und Gaskartuschen) ist nicht nur romantisch, sondern kann in Ernstfall dafür sorgen, dass Sie sich zu Hause, auch nach Einbruch der Dunkelheit noch sicher orientieren können."

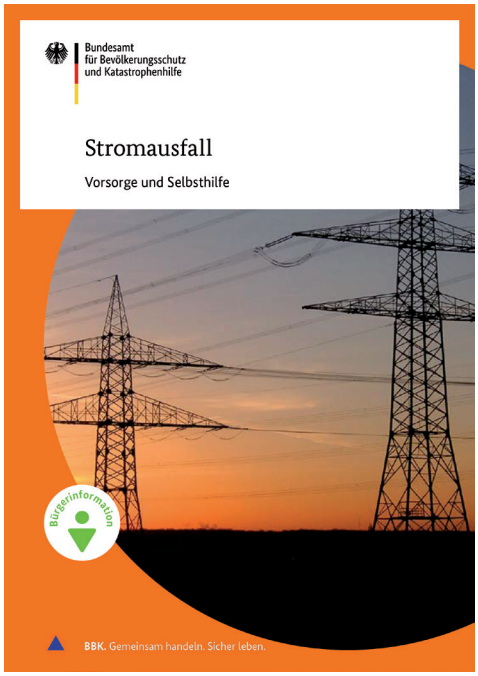


Bild 1: An inhaltlicher Dürftigkeit nicht mehr zu übertreffen – die Informationsbroschüre des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe

„Bei der Verlegung der Verlängerungskabel (eines Stromerzeugers) ***ist daran zu denken, dass Sie für die Kabel eine Gebäudeöffnung benötigen. Für die Kabelführung offen gehaltene Türen und Fenster begünstigen jedoch das Auskühlen der Wohnung und erschweren den Einbruchschutz."***

Und höchst vorsorglich wird auch vor einer Lärmbelästigung der Nachbarn im Katastrophenfall gewarnt:

„Gerade in dicht besiedelten Gebieten oder in Mehrfamilienhäusern können sich Nachbarn durch die Geräuschemissionen belästigt fühlen. Bei der Auswahl eines Stromerzeugers sollte deshalb ein leises Model (Schreibweise wie im Original) ***gewählt werden."***

Auf weitere inhaltliche Defizite dieser Veröffentlichung wird später noch eingegangen. Die von der Universität der Bundeswehr kreierte Gestaltung des Werkes bietet übrigens acht Abbildungen von sehr fragwürdigem Informationsgehalt: die nächtliche Ansicht eines Einfamilienhauses mit beleuchteten Fenstern, einen Feuerlöscher, eine Kurbeltaschenlampe, eine überschwemmte Fassade, zwei Hochspannungsmasten und zwei unterschiedliche Darstellungen eines Schukosteckers.

Dem Bundesamt scheinen die Schwächen seiner Bürgerinformationsschrift bewusst zu sein, denn nach SPIEGEL Panorama vom 14.02.2020 plant es als Ergänzung ein **„Notfallkochbuch"** mit „nahrhaften Mahlzeiten" für den Krisenfall, also etwa bei einem längeren Stromausfall. Elektrische Küchengeräte sollen für die Zubereitung **ebenso wenig benötigt werden wie Leitungswasser.**

Noch ist dieses Kochbuch nicht erhältlich, doch in einer späteren Auflage unserer Broschüre wollen wir gern daraus zitieren.

„Blackout – kleines Handbuch zum Umgang mit einer wachsenden Gefahr" möchte seiner Leserschaft einen ungleich höheren Nutzen bieten als die Schrift des BBK. Man sollte das kleine Handbuch nach der Lektüre mit dem Gefühl aus der Hand legen können, auf aktuellem Stand bestmöglich informiert worden zu sein: über die vielfältigen denkbaren Ursachen eines Blackout, über Möglichkeiten und Grenzen rechtzeitiger Vorsorge sowie über hilfreiche Verhaltensstrategien während eines länger andauernden Stromausfalls, die je nach Lebens- und Wohnsituation recht unterschiedlich sein können. Die konkreten **Empfehlungen** wurden dabei nach dem Kriterium der Praktikabilität ausgewählt.

2. Was sollte man zum besseren Verständnis der Broschüre über unser Stromnetz wissen?

Unser Stromnetz ist eine der bedeutendsten ingenieurtechnischen Leistungen überhaupt. Das deutsche Netz ist in vier **Regelzonen** mit den Betreibern Amprion, 50Hertz, TenneT und Transnet BW unterteilt (Bild 2) und stellt einen Teil des Europäischen **Verbundnetzes** dar. Dieses versorgt Millionen von Verbrauchern in den 26 teilnehmenden Ländern mit sinusförmigem **Wechselstrom**, der seine Flussrichtung in jeder Sekunde hundert Mal ändert und damit eine Frequenz von 50 Hertz (50Hz) aufweist (Bild 3).

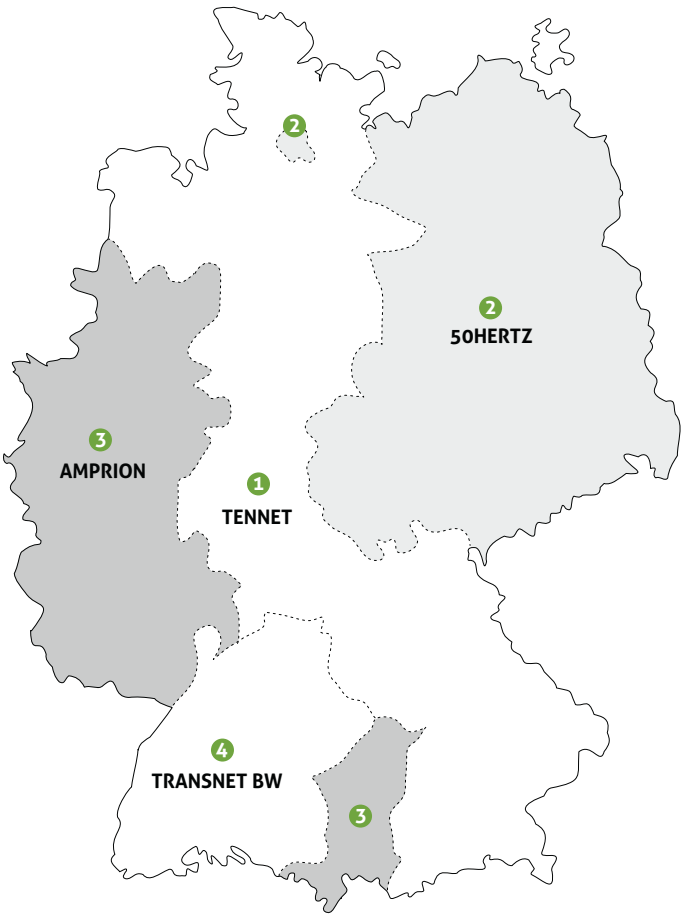


Bild 2: Die vier Regelzonen des deutschen Stromnetzes

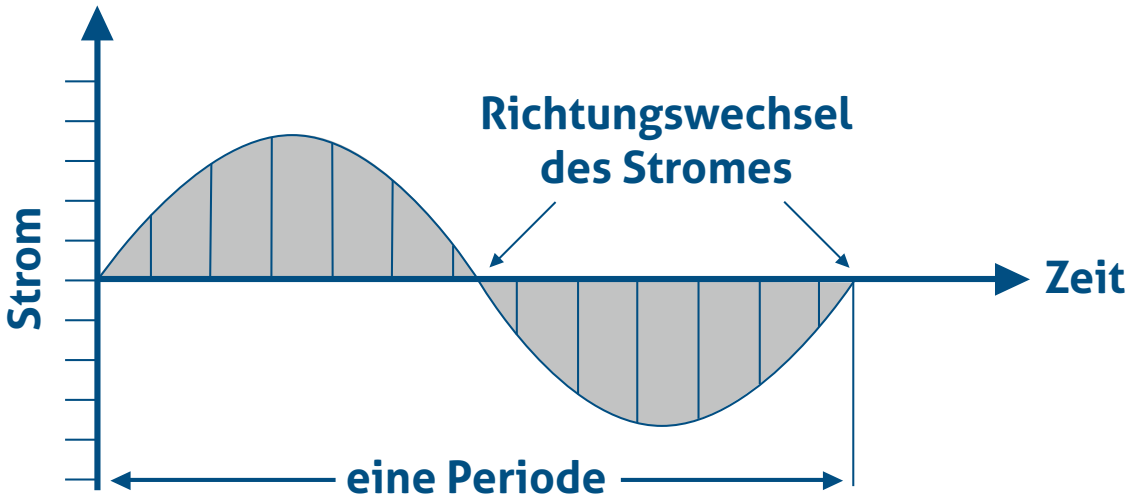
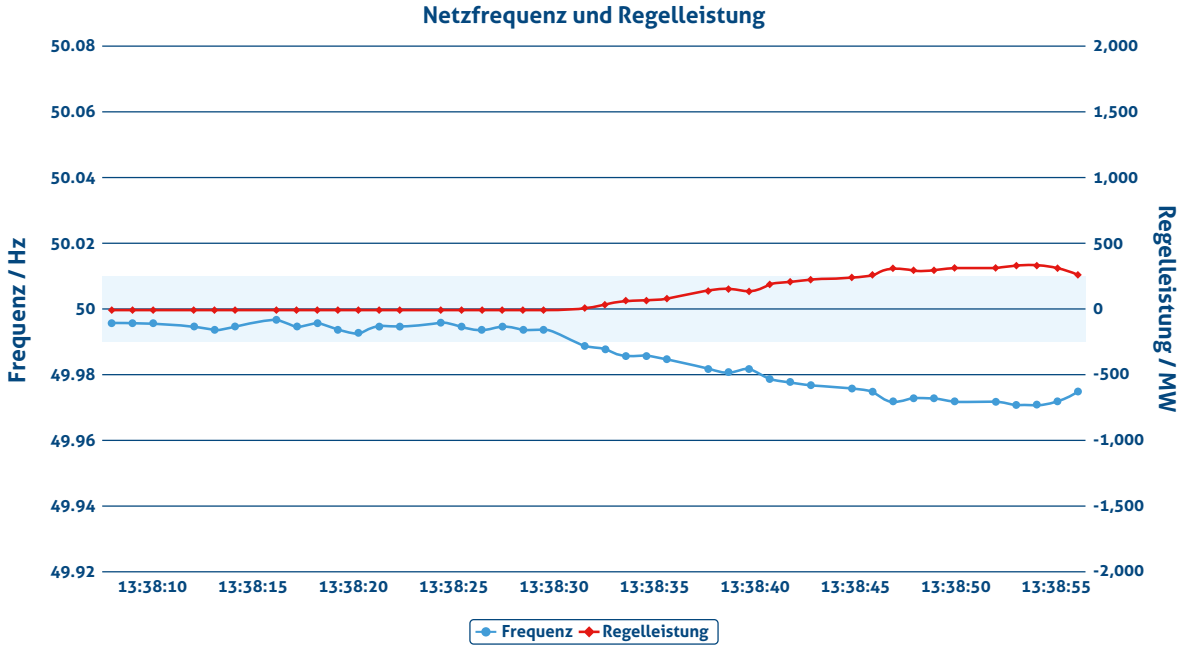


Bild 3: Der zeitliche Verlauf des Netzwechselstromes; eine Periode dauert 1/50 Sekunde

Die Richtungswechsel finden an allen Stellen des Verbundnetzes vollkommen gleichzeitig statt. Wenn ein zusätzlicher Energieerzeuger in das System einspeisen soll, reicht es nicht aus, dass seine Frequenz 50Hz beträgt – er muss auch „**phasengleich**" mit dem Netz sein, d. h. die Richtungswechsel seines Stromes müssen vollkommen netzsynchron erfolgen. Anderenfalls könnte beim Einschalten die Leistung des Netzes ihn zerstören.

Außerdem werden alle Verbraucher und Erzeuger von Elektroenergie in einer ganz erstaunlichen Weise aufeinander abgestimmt: **In jedem Moment wird im Verbundnetz genauso viel Elektroenergie erzeugt, wie alle Verbraucher gerade benötigen.** Als Führungsgröße dieses hochkomplizierten Regelvorgangs dient dabei die **Frequenz** des Wechselstroms, die mit einer Genauigkeit von 0,4% konstant zu halten ist. Wird mehr Leistung als nötig in das Netz eingespeist, schwingt der Wechselstrom „schneller" – seine Frequenz erhöht sich; bei Untereinspeisung verlangsamt sich die Frequenz. Wählt man die Internetadresse *www.netzfrequenz.info/regelleistung*, so kann man den Zusammenhang zwischen Frequenz und Einspeisung von Regelleistung in das Netz eindrücklich in Echtzeit beobachten; eine Momentaufnahme zeigt Bild 4. Angezeigt wird darin mit der roten Linie im Sekundentakt die notwendige Regelleistung zur Rückführung der Frequenz auf den Normalwert.



49.975 Hz // 269 MW

Bild 4: Dieses Bild wurde mit Screenshot vom Bildschirm aufgenommen. Zum aktuellen Zeitpunkt (ganz rechts) liefern die Stromerzeuger im Netz zu wenig Leistung. Um die Normfrequenz von 50 Hz wieder zu erreichen, müssen 269 Megawatt zusätzlich eingespeist werden.

Die vier Regelzonen von Bild 2 sind wiederum in 100 bis 200 **Bilanzkreise** mit den darin befindlichen Verbrauchern eingeteilt. Für jeden Bilanzkreis erstellt ein Bilanzkreisverantwortlicher in 15 Minuten-Intervallen eine Abschätzung des kommenden Verbrauchs anhand der Lastentwicklung. Aus den gewonnenen Daten werden viertelstündliche Kraftwerksfahrpläne erstellt. Kommt es zu einer Abweichung des tatsächlichen Verbrauchs vom geplanten Verbrauch, greifen die Übertragungsnetzbetreiber auf die in Bild 4 dargestellte **Regellleistung** zurück.

Sozusagen an vorderster Front der Regelung wirkt innerhalb von Millisekunden die sogenannte **Momentanreserve**. Sie ist ausschließlich als kinetische Rotationsenergie in großen Schwungmassen in den Generatoren der Kraftwerke gespeichert (s. Bild 5 und Punkt 4.6) und wandelt sich automatisch bei deren Abbremsung infolge größerer Verbraucherlasten in zusätzliche elektrische Energie um.

Bild 5: Die gewaltigen mit 3.000 Umdrehungen pro Minute rotierenden Schwungmassen der Generatoren können innerhalb von Millisekunden einen Teil ihrer Rotationsenergie als elektrische Energie in das Netz einspeisen.

Bei Leistungsüberschuss im Netz wird die Momentanreserve wieder aufgefüllt. Zeigt bei einer Unterversorgung die Freisetzung der Momentanreserve nicht genug Wirkung, stellen ausgewählte, dafür präqualifizierte Kraftwerke innerhalb der ersten 30 Sekunden die **Primärreserve** zur Verfügung, wofür im gesamten Verbundnetz eine Leistung von 3.000 Megawatt vorgehalten wird. Ist auch damit das Defizit nicht zu beherrschen, stehen als weitere Verteidigungslinien die **Sekundärreserve** (für 5 Minuten) und für die folgenden 55 Minuten die **Minutenreserve** zur Verfügung.

Sinkt die Frequenz weiter, drohen ab 49,8 Hz **Lastabwürfe**, d. h. die Abschaltung industrieller oder auch privater Verbraucher (**Brownout**). Ein Beispiel zeigt Bild 6. Schließlich trennen sich bei 47,5 Hz die Kraftwerke zu ihrem eigenen Schutz automatisch vom Netz, welches dann flächendeckend stromlos ist – der Blackout ist da.

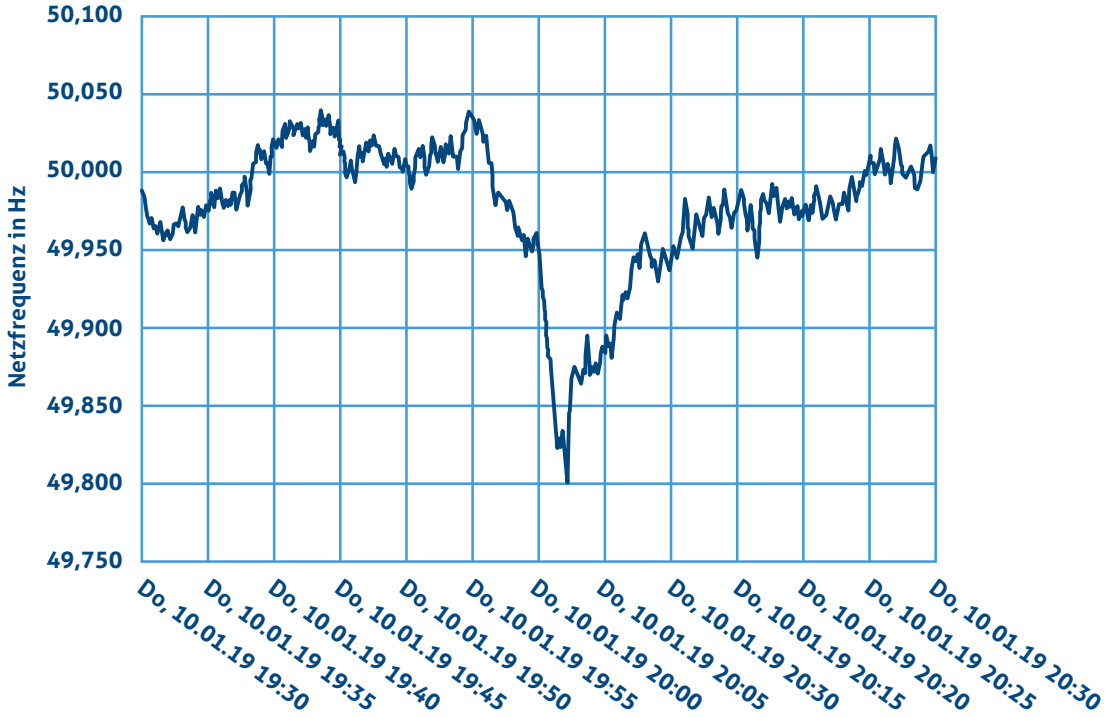


Bild 6: Am 10. Januar 2019 kam es im europäischen Verbundnetz aus Ursachen, die immer noch nicht vollständig geklärt sind, zu einem plötzlichen Abfall der Frequenz. Daraufhin wurden in Frankreich industrielle Verbraucher mit einer Leistung von 1,5 Gigawatt „abgeworfen". Wäre dies nicht erfolgreich gewesen, hätte es eine weitere Kaskade von Abwürfen gegeben. (Quelle: www.netzfrequenzmessung.de)

Wenn dagegen bei Überversorgung der „Strom zu schnell schwingt", kommt zunächst negative Regelenergie der Kraftwerke zum Einsatz. Bei 50,5 Hz müssen Erzeuger heruntergefahren oder abgeschaltet werden; als dies am 28. März 2012 in Deutschland nur unvollständig gelang, stand das Verbundnetz vor dem Blackout (Näheres s. Punkt 4.3).

Wichtig für das Verständnis des Stromnetzes ist auch die Tatsache, dass es darin vier verschiedene **Spannungsebenen** gibt:

Ebene	**Spannung in Volt**	**Einspeiser**	**Verbraucher**
Höchstspanung	380.000	Großkraftwerke, Offshore-Windparks	wenige Großverbraucher
Hochspannung	110.000	Onshore-Windparks, größere Solaranlagen	Großverbraucher
Mittelspannung	10.000	Kleine kommunale Energieerzeuger, (größere) Blockheizkraftwerke, Biogasanlagen, kleinere Solaranlagen	größere Gewerbebetriebe
Niederspannung	400	(kleine) Blockheizkraftwerke, kleine Solaranlagen	private und gewerbliche Kleinverbraucher

Die Existenz der höheren Spannungsebenen ist dadurch begründet, dass sich elektrische Leistungen bei höherer Spannung verlustärmer durch die Leitungen transportieren lassen. Leistung **P** ist das Produkt aus Strom **I** und Spannung **U**. Weil die **Übertragungsverluste** in den (sich durch ihren Ohmschen Widerstand erwärmenden) Leitungen mit dem Quadrat der Stromstärke anwachsen, wird die Spannung möglichst hoch gewählt und damit der Strom entsprechend niedrig eingestellt.

Es sei noch erwähnt, dass die Leitungen dem fließenden Wechselstrom auch **kapazitive** und **induktive Widerstände** entgegensetzen, was eine Phasenverschiebung der Verläufe von Strom und Spannung zur Folge hat. Diesem unerwünschten Effekt wird mit der Zuführung von sogenannter Blindleistung begegnet.

Die Fortleitung von hoch gespannter Elektroenergie geschieht zumeist in Freileitungen mit mindestens drei Leiterseilen für dreiphasigen Wechselstrom. Erdkabel für Höchstspannungen befinden sich in Planung. Sie sind offenbar mindestens um den Faktor 5 teurer als Freileitungen und müssen außerdem aus physikalischen Gründen mit Gleichstrom betrieben werden, was zusätzliche Kosten für Gleich- und Wechselrichter bedingt.

Konzipiert wurde das Stromnetz für Energieflüsse von den höheren zu den niedrigeren Spannungsebenen. Doch mit dem Aufkommen der Energien aus Wind, Biogas und Sonne wird sogar bevorrechtigt auf unteren Spannungsebenen eingespeist; was zur Folge hat, dass **der Strom im Netz teilweise „rückwärts" fließt** – mit Konsequenzen, auf die noch eingegangen wird.

3. Das Szenario eines Blackouts

Dass ein großflächiger Stromausfall praktisch auf einen Schlag jegliche Aktivität in der Industrie unterbricht, versteht sich von selbst. Doch vom Ausfall sind auch alle **Kritischen Infrastrukturen** betroffen, deren Betreiber die für die Versorgung der Bevölkerung zwingend notwendigen Dienstleistungen erbringen. Es sind dies: Wasser und Abwasser, Informationstechnik und Telekommunikation, Verkehr und Transport, Ernährung, Gesundheit, Finanzwesen. In der offiziellen Liste zählen sich Staat und Verwaltung dazu; außerdem sind noch Medien und Kultur benannt.

Welche Auswirkungen hat die Unterbrechung der Elektroenergieversorgung mit dem Ausfall Kritischer Infrastrukturen auf unser Leben? Wer sich bei dieser Frage die Zeit für eine überaus eindrückliche belletristische Antwort nehmen möchte, sollte den Bestseller „Blackout. Morgen ist es zu spät." des österreichischen Schriftstellers Marc Elsberg lesen. Hier kann nur eine Auswahl der wichtigsten Phänomene wiedergegeben werden.

Sofort:

- Es erlöschen alle Verkehrsampeln und Leiteinrichtungen mit der Folge von massenhaften Verkehrsunfällen.
- Tausende Menschen stecken in Fahrstühlen fest.
- Fernzüge stoppen auf freier Strecke und in Tunnels
- ebenso wie U-Bahnen und Straßenbahnen.
- Elektrische Beleuchtung erlischt – Straßen und Gebäude sind nachts stockdunkel.
- Fernseher und Radios verstummen.

Zur Funktion der Kommunikationsnetze sagt die Broschüre „Stromausfall" **[2]** des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe: ***„Im Fall eines Stromausfalls wird mit einigen Stunden Verzögerung das Telefon-Festnetz nicht mehr zur Verfügung stehen. Mit dem technischen Umstieg der Telefonnetzbetreiber auf eine Voice over IP-Übertragung bis zum Wohnungsanschluss wird in den nächsten Jahren auch diese Frist nach und nach entfallen. Stromabhängige Ladestationen mancher Mobiltelefone fallen schon heutzutage sofort aus. Die Mobilfunknetze sind zum Teil nicht notstromversorgt."***
Zum vorletzten Satz ist zu bemerken, dass nicht nur „manche", sondern so gut wie alle Mobiltelefone stromabhängige Ladestationen haben! Aber insgesamt dürfte die Situation der Kommunikationsnetze, deren funktionierende Reste nach dem Stromausfall übrigens hoffnungslos überlastet sind, hier zutreffend beschrieben sein.

- Mit dem Ausfall der Telekommunikation bricht auch das Internet zusammen – die Batteriereserve eines Laptops ist damit nutzlos.
- Weder mit dem Elektroherd noch mit der Mikrowelle lassen sich Speisen erwärmen
- Die Umwälzpumpen der Heizungen haben ihren Dienst eingestellt - in den Wohnungen wird es kalt.
- Tankstellen können keinen Kraftstoff mehr abgeben.
- Ein Aufladen des Elektroautos ist unmöglich.
- In den Supermärkten und vielen anderen Geschäften muss der Verkauf eingestellt werden, weil Scanner und Registrierkassen außer Funktion sind.
- An Geldautomaten kann man kein Geld bekommen.
- In den industrialisierten Landwirtschaftsbetrieben fällt die automatisierte Versorgung der Tiere mit Futter, Wasser und Frischluft genauso wie die Melkautomaten aus und lässt sich nicht durch Handarbeit ersetzen.
- Man kann wegen des Ausfalls der Telekommunikation keine Rettungsdienste anrufen.

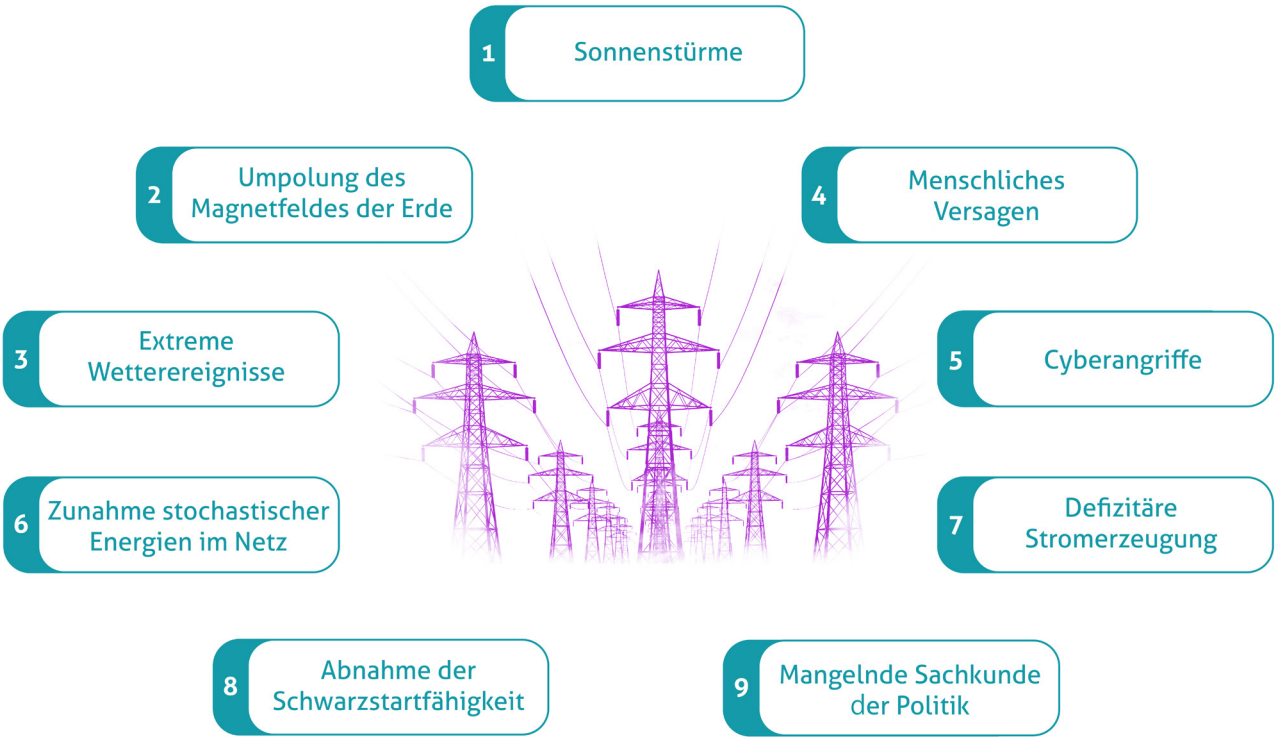
Nach zwei bis drei Tagen:

- ÖPNV und Individualverkehr sind zum Erliegen gekommen.
- In vielen Orten kommt kein Trinkwasser aus der Leitung.
- Die Toilettenspülung geht nicht, wie auch der Geschirrspüler.
- Krankenhäuser können wegen des Ausfalls der Trinkwasserversorgung ihren Betrieb nicht aufrecht erhalten und dies auch, weil ihnen der Kraftstoff für die Notstromaggregate ausgegangen ist, künstlich beatmete Patienten sterben.
- Eine Aufbewahrung der Verstorbenen in Kühlräumen ist ausgeschlossen.
- Die 4.800 Trinkwassernotbrunnen in Deutschland sind mit der Versorgung von im Durchschnitt jeweils mehr als 10.000 Menschen hoffnungslos überfordert, außerdem müssten sich die Bürger das Wasser mit Schubkarre oder Handwagen holen und schließlich werden ihre Standorte ja geheim gehalten (s. Punkt 6.1).
- Fast alle Banken haben geschlossen – in den wenigen geöffneten wird der überstarke Andrang durch bewaffnete Kräfte in Schach gehalten.
- In Kühlschränken herrscht bereits Zimmertemperatur.
- Gefriergut in den privaten Tiefkühltruhen beginnt ebenso wie in den großen Kühllagern zu verderben
- Die Entsorgung von Abwasser und Fäkalien funktioniert vielerorts nicht mehr – die Menschen verrichten ihre Notdurft bereits im öffentlichen Raum.
- Supermärkte mussten ihre gesamten Vorräte an gewaltbereite Kunden abgeben, Nachschub kommt praktisch nicht.
- Die an 150 geheimgehaltenen Standorten gelagerten Bestände der „Zivilen Notfallreserve" werden freigegeben, können aber nicht verteilt werden.
- Zudem wären die meisten Empfänger außerstande, den zu der Reserve gehörenden Reis, sowie die Erbsen und Linsen zu kochen.
- Fast alle Arztpraxen und Apotheken sind ohne Strom nicht arbeitsfähig und haben geschlossen.
- Das gleiche trifft für Dialysezentren zu – ein Todesurteil für ihre Patienten.
- In den großen Ställen der industrialisierten Landwirtschaft stirbt das Nutzvieh, hunderttausende von Tierkadavern können nicht entsorgt werden.
- Justizvollzugsanstalten ohne ausreichende Notstromkapazität müssen Häftlinge freilassen, die nun marodierend durch das Land ziehen.
- Anordnungen der Behörden durch Lautsprecherwagen der Polizei erreichen nur Teile der Bevölkerung.
- Noch nicht einmal die Zahl der infolge des Blackout schon ums Leben gekommenen Menschen lässt sich erfassen, sie dürfte bereits in die Tausende gehen.
- Der vom Bundestagsausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung befürchtete **Kollaps der gesamten Gesellschaft** ist nicht mehr aufzuhalten.

Wann endet dann endlich dieser extreme Ausnahmezustand der Zivilisation? Das hängt sehr stark von der **Ursache des Blackout** und von der Anzahl der betroffenen Versorgungsgebiete im Verbundnetz sowie von der **Schwarzstartfähigkeit** (s. auch Punkt 4.8) der darin befindlichen Energieerzeuger ab. Bei einem europaweiten Ausfall der Stromversorgung könnte deren Wiederherstellung nach Expertenmeinung durchaus sieben bis zehn Tage in Anspruch nehmen **[3]**. Bereits nach einem solchen Zeitraum ohne elektrischen Strom wäre Deutschland zweifellos ein anderes Land. Doch es ist auch ein Blackout möglich, der den praktisch völligen Verlust unserer Zivilisation und den **Untergang des größten Teils der Menschheit** bewirken kann. Seine Ursache: ein **Sonnensturm** - mehr dazu unter 4.1.

4. Gefahren für die Stabilität unseres Stromnetzes

Die Systemstabilität unseres Stromnetzes ist durch eine ganze Palette von Phänomenen bedroht, von denen die wichtigsten nachstehend aufgeführt sind. Auf die Eintrittswahrscheinlichkeit der Ereignisse von **1**, **2** und **3** hat der Mensch keinen Einfluss; die übrigen sechs möglichen Ursachen eines Ausfalls unserer Stromversorgung sind durch menschliches Handeln beeinflussbar. Im Folgenden sollen die wichtigsten Phänomene und ihre möglichen Auswirkungen erläutert werden.



Natürlich können noch weitere Ursachen mit geringerer Eintrittswahrscheinlichkeit plötzlich eine Rolle spielen. In einer Veröffentlichung des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) „Stromausfall - Grundlagen und Methoden zur Reduzierung des Ausfallrisikos der Stromversorgung" von 2019 **[12]** (nicht identisch mit der Broschüre **[2]**) heißt es auf S. 55: *„Eine **Pandemie** zum Beispiel, die **als Gefahr für die Stromversorgung** genannt wird, wirkt nicht direkt auf eine in den Stromfluss eingebundene technische/physikalische Struktur ein. Gleichwohl kann eine Pandemie in einer Gefahrenkette, die zu einem Stromausfall führt, eine bedeutende Rolle spielen"* (Hervorhebung durch den Autor). Jetzt, im November des Jahres 2020, ist während der Auseinandersetzung mit Corona der Gedanke nicht mehr fernliegend, dass eine Pandemie auch noch Auswirkungen auf die Stromversorgung entfalten könnte - beispielsweise beim krankheitsbedingten Ausfall wichtiger Spezialisten im System der Kraftwerksregelung.

4.1 Sonnenstürme (Carrington-Ereignis)

Kurz vor der Morgendämmerung des 2. September 1859 waren auf der Nordhalbkugel bis in in die Tropen plötzlich Polarlichter von einer Helligkeit zu sehen, bei der man Zeitung lesen konnte. Außerdem gab es weltweit schwere Störungen in den damals neuen und recht einfachen Telegrafensystemen: Telegrafisten bekamen heftige Stromschläge, und durch Funkenentladungen geriet sogar Telegrafenpapier in Brand. Ursache dieses nach dem

englischen Astronomen Richard **Carrington** benannten Ereignisses war ein durch koronaren Massenausstoß ausgelöster geomagnetischer **Sonnensturm** von außergewöhnlicher Stärke. Seine mit etwa 1.000 km/s auf die Erde zujagenden elektrischen Ladungen hatten deren schützendes Magnetfeld „zerdrückt" und waren auf die Erdoberfläche aufgetroffen, wo der Ladungsstrom in den Telegrafenleitungen hohe Spannungen induzierte.

Es war in diesem September des Jahres 1859 ein großes Glück für die Menschheit, noch nicht über ein Netz zur Versorgung mit Elektroenergie zu verfügen. Was wäre geschehen, wenn es die heutige elektrische und elektronische Infrastruktur damals schon gegeben hätte? Zuerst wären sämtliche Satelliten durch den solaren Ladungsstrom zerstört worden, Sekundenbruchteile später folgte ein weltumspannender Blackout mit umfassenden Zerstörungen von Netzen und Elektronik. Besonders folgenschwer: der Verlust tausender Transformatoren an Schlüsselpositionen durch im Hochspannungsnetz induzierte, überstarke Ströme; ihr Neubau hätte mehrere Jahre gedauert.

Am 21. Oktober 2020 strahlte der Fernsehsender ntv eine WELT-Doku mit dem Titel aus: „Countdown zum Weltuntergang – der Sonnensturm" (im Netz abrufbar), in welcher die Folgen eines Sonnensturms von der Stärke des Carrington-Ereignisses auf unsere heutige Welt dargestellt werden. Die Beschreibung geht zeitlich über den relativ bald erfolgenden Eintritt des Kollapses der Gesellschaft hinaus. Es werden z. B. auch die Folgen der unabwendbaren Explosion sämtlicher Kernreaktoren geschildert, nachdem deren Kraftstoff-Notvorräte und Batterien für Kühlung erschöpft sind. Eine erschreckende Aussage der Dokumentation lautet: **Ein Jahr nach dem Ereignis sind 90 Prozent der Weltbevölkerung umgekommen.** Aber wie groß ist die Eintrittswahrscheinlichkeit für eine solche Apokalypse? Das Forschungsunternehmen Predictive Science im kalifornischen San Diego schätzt die **Wahrscheinlichkeit**, dass die Erde in den nächsten zehn Jahren von einem Sturm dieser Kategorie heimgesucht wird, auf stattliche **zehn Prozent [4]**. Dies legt die Frage nahe, was die Sonne der Erde in dem Zeitraum zwischen 1859 und heute angetan hat. Sonnenstürme sind Teilchenstrahlen von begrenztem Durchmesser. Am 23. Juli 2012 verfehlte der heftigste bekannte Sonnensturm seit dem Carrington-Ereignis, „**Impactor**" genannt, die Erde auf ihrer Umlaufbahn nur um eine Woche. **Schwächere Stürme** trafen dagegen schon mehrfach. So fiel deswegen am 13.03.1989 in der kanadischen Provinz Quebec die Stromversorgung von sechs Millionen Menschen für Stunden aus. Ein anderes Ereignis setzte am 23. Mai 1967 die Radaranlagen des US-Atomraketen-Frühwarnsystems außer Funktion. Die US-Militärs vermuteten einen gezielten Störangriff der Sowjetunion und lösten daraufhin beinahe den Dritten Weltkrieg aus.

4.1.1 Ist ein Schutz vor extremen Sonnenstürmen möglich?

Zunächst: Ein Sonnensturm schädigt den menschlichen Organismus nicht ernsthaft. Seine ionisierende Strahlung ist nur von begrenzter Dauer. Der Strom geladener Teilchen induziert zwar auch im Körper elektrische Spannungen; wegen der vergleichsweise geringen räumlichen Ausdehnung dieses Körpers können aber keine gefährlichen Stromflüsse entstehen.

Dagegen beschäftigen sich seit einigen Jahren weltweit die Militärs mit der Frage des Schutzes elektrischer Anlagen vor induzierten Strömen – wenn auch aus einem anderen Grund. Es gibt eine moderne Waffe, deren Wirkung der von Sonnenstürmen gleicht: die **EMP-Bombe [37]**. In großer Höhe gezündet, erzeugt sie einen **E**lektro**M**agnetischen **P**uls, der großflächig elektrische Systeme und Bauteile zerstören kann und damit ebenfalls ei-

nen Blackout hervorriefe. Die Angst vor einem solchen – vielleicht ohne jede Vorwarnung eintretenden – Angriff hat Militärs dazu bewogen, besonders wichtige Anlagen durch „**Härtung**" zu schützen. Wesentliche Komponente dieser „Härtung" ist eine massive, elektrisch leitende Abschirmung; sie wirkt als Faradayscher Käfig.

Im Vergleich zur EMP-Bombe gibt es für den Sonnensturm eine etwas längere **Vorwarnzeit**. Die Entstehung des Sonnensturms kann von spezialisierten Observatorien sofort beobachtet werden. Bis der koronare Auswurf dann die Erde erreicht, vergehen ungefähr 17 Stunden. Während dieser Frist könnte man Maßnahmen treffen, welche die Auswirkungen auf das Stromnetz ein wenig verringern. Dazu wäre es komplett abzuschalten und sämtliche vorhandenen Trennstellen (Trennschalter) wären zu öffnen. Aber auch trotz solcher (bislang nicht in Betracht gezogenen) Aktionen ist mit einem Ausfall der Versorgung mit Elektroenergie für einen unabsehbaren Zeitraum zu rechnen. Um dies und die damit verbundene Menschheitskatastrophe sicher zu verhindern, wäre eine vollständige „Härtung" des Netzes und seiner Anlagen erforderlich. Die weltweiten Kosten dafür könnten Billionenhöhe erreichen. Wären sie gerechtfertigt?

Derartige Summen werden derzeit für Strategien zu einer fragwürdigen Verhinderung des Klimawandels verplant **[5]**; der Zeithorizont beträgt dabei 100 Jahre. Wenn die Prognosen von **[4]** zumindest ungefähr zutreffen, liegt die Wahrscheinlichkeit dafür, dass die Erde in den nächsten hundert Jahren von einem verheerenden Sonnensturm heimgesucht wird, dessen Folgen die Menschheit auf einen Bruchteil dezimieren, bei mehr als 50 Prozent. **Das Risiko eines solchen Ereignisses dürfte die Risiken des Klimawandels um Größenordnungen übersteigen. Die Abschätzung von Schadenshöhe und Eintrittswahrscheinlichkeit eines Sonnensturms von der Stärke des Carrington-Ereignisses legt den Schluss nahe, dass ein solches Ereignis sogar das größte Risiko aller denkbaren Menschheitsbedrohungen in den nächsten hundert Jahren beinhaltet.** Wird die Menschheit sich gegen diese Gefahr „härten"? Erhebliche Zweifel sind angebracht; mehr dazu im Kapitel „Schwarze Schwäne und die Truthahnillusion".

Kann der einzelne Bürger irgend etwas gegen die Einwirkung eines starken Sonnensturmes tun?

Empfehlung: Wenn Radio, Fernsehen oder das Internet vor einem solchen Ereignis warnen, sollte man seine Wohnung oder sein Haus vom Stromnetz trennen, indem man die Eingangssicherungen deaktiviert. Außerdem ist es ratsam, sämtliche Unterverteilungen abzustellen und alle Netzstecker zu ziehen. Auch eine eventuell vorhandene PV-Anlage wäre abzuschalten und eine Sat-Anlage außer Betrieb zu nehmen. Damit kann die Tauglichkeit der Elektrogeräte für später oder für einen eventuellen Notstrombetrieb bewahrt werden. Diese Maßnahme dürfte für mehrere Stunden, vielleicht auch für mehr als einen Tag erforderlich sein.

4.2 Umpolung des Magnetfeldes der Erde

Die Erde besitzt ein durch Strömungen in ihrem Inneren erzeugtes magnetisches Feld. Seine Pole – dies sind die Punkte, in denen die magnetischen Feldlinien genau senkrecht in die Erdoberfläche einmünden – befinden sich in der Nähe der geografischen Pole. Und dieses Feld schützt die Erde weitgehend vor dem **Sonnenwind**, einem von der Sonne ständig in alle Richtungen des Raumes emittierten Strom geladener Teilchen (hauptsächlich Protonen und Elektronen) in einer Weise, die Bild 7 prinzipiell zeigt. Unter der Einwirkung

des Sonnenwindes erhält das Erdmagnetfeld lediglich eine Unsymmetrie; dagegen deformieren die unter Punkt 4 behandelten, durch gerichtete Koronarauswürfe verursachten Sonnenstürme dieses Feld bis zur Unkenntlichkeit.

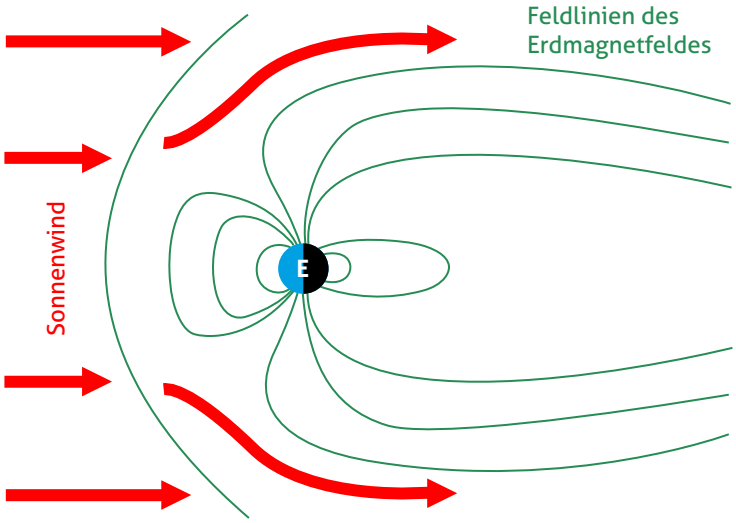


Bild 7: Ablenkung des Sonnenwindes durch das Magnetfeld der Erde.

Die Magnetpole der Erde sind nicht besonders standorttreu; vor allem der **Nordpol wandert** – und zwar mit derzeit wachsender Geschwindigkeit. Betrug die Wanderungsgeschwindigkeit zu Beginn des letzten Jahrhunderts noch rund 15 Kilometer pro Jahr, driftet der Pol heute mit mehr als 50 Kilometern jährlich in Richtung Nord-Nord-West auf Sibirien zu **[6]**. Bild 8 zeigt die letzten 120 Jahre seiner Route. Außerdem ist die Stärke des Magnetfeldes in den letzten 150 Jahren um etwa 10 Prozent gesunken.

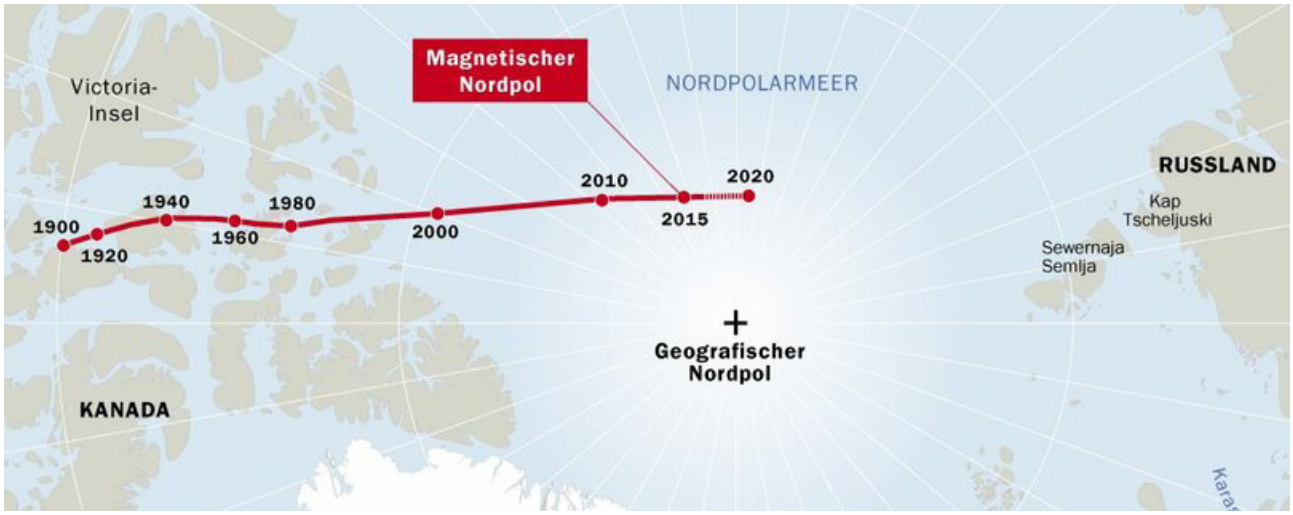


Bild 8: Wanderung des magnetischen Nordpols seit 1900 (Quelle: Nature, World Data Center for Geomagnetism)

Verschiedene Autoren sehen in der beschleunigten Polwanderung und dem Abfall der magnetischen Feldstärke Anzeichen für eine bevorstehende **Umkehr des Erdmagnetfeldes**, wie sie in den letzten 20 Millionen Jahren sich etwa alle 200.000 bis 300.000 Jahre ereignete. Der magnetische Nordpol wird dabei zum Südpol und umgekehrt. Weil die letzte Polumkehr sich bereits vor 780.000 Jahren ereignete, ist ein solcher **Polsprung** mehr als

überfällig. Denkbar ist aber auch, dass keine Polumkehr stattfindet und der Pol nur eine „**Exkursion**" unternimmt, wie sie vor etwas mehr als 41.000 Jahren stattfand und etwa 1.000 Jahre dauerte. Während der Zeit der Polumkehr (oder der Exkursion) reduziert sich die Feldstärke um mindestens 90 Prozent; die Erde ist dann praktisch ohne ihr schützendes Magnetfeld dem Sonnenwind „nackt" ausgesetzt. Das Stromnetz wäre in diesem Fall nicht nur bei „Sturmstärken" des Stromes geladener Teilchen gefährdet, sondern bereits bei geringeren Intensitäten des Sonnenwindes – und zwar über die gesamte Zeit der Ereignisse. Wie lang ist diese? In der Literatur findet man Angaben, die von 140 bis zu 4.000 Jahren reichen. Das Stromnetz für einen so großen Zeitraum unverwundbar zu machen, dürfte einen Aufwand in Billionenhöhe erfordern (s. Punkt 4.1.1). Doch diese Herausforderung kommt unabweisbar auf die Menschheit zu. Sie hätte wohl noch genügend Zeit, sich darauf vorzubereiten.

4.3 Extreme Wetterereignisse

In einem Beitrag vom 28.11.2005 mit dem Titel „25.000 Menschen droht vierte Nacht ohne Strom" bezeichnet DER SPIEGEL den Blackout vom **1. Adventswochende des Jahres 2005 im Münsterland** als „größten Stromausfall der deutschen Nachkriegsgeschichte". Mit der Vergabe dieses Superlativs irrte das Blatt, doch der vom „Münsterländer Schneechaos" verursachte Stromausfall betraf rund 250.000 Menschen, von denen einige auch nach vier Tagen noch nicht wieder an das Netz angeschlossen waren. Am 25. November waren bis zu 50 cm nasser Schnee gefallen, der nach ein paar Stunden Freileitungen und Strommasten mit einer bis zu 15 Zentimeter dicken Eisschicht ummantelt hatte. Bei starkem Wind knickten dann 82 Hochspannungsmasten ein, und an zahllosen Stellen zerrissen die Leitungen.

Bild 8: Typisches Schadensbild an den vom Eis überlasteten Hochspannungsmasten im Münsterland 2005 (Quelle. WDR)

Insgesamt kann jedoch festgestellt werden, dass dieser regional auftretende Blackout (betroffen waren: das Münsterland, Tecklenburger Land, Teile des Ruhrgebietes, Osnabrücker Land, Bergisches Land und südliches Emsland) durch Hilfeleistungen aus den nicht betroffenen Nachbarregionen signifikant gemildert werden konnte – vor allem durch den Antransport zahlreicher Notstromaggregate. Ein deutschlandweiter Stromausfall wäre auch für das Münsterland ungleich folgenschwerer verlaufen.

Den „größten Stromausfall der deutschen Nachkriegsgeschichte" hat wohl die **Schneekatastrophe zum Jahreswechsel 1978/79** verursacht - wenn die DDR dabei mit betrachtet wird. Dort waren die Folgen geradezu dramatisch, und so nahm die Katastrophe ihren Lauf:

In der Nacht vom 28. zum 29. Dezember stürzt im Norden der DDR die Temperatur von zehn Grad über Null auf minus zwanzig Grad. Die nördlichen Bezirke versinken bei gefrierendem Regen binnen weniger Stunden unter einem dicken Eispanzer, dann setzt dort ein dreitägiger Schneesturm ein. Während Erich Honecker zu einem Freundschaftsbesuch nach Afrika aufbricht und seine Minister sich schon zur Silvesterfeier verabschieden, dringt die Kaltfront nach Süden vor und legt dabei den Arbeiter- und Bauernstaat lahm. Bei der Bahn frieren die Weichen ein, Züge mit festgefrorener Braunkohle können nicht mehr entladen werden, und bei minus zwanzig Grad müssen die Braunkohlentagebaue ihre Förderung einstellen. Weil die Energieversorgung auf ständigen Nachschub angewiesen ist, gerät das Stromnetz der DDR immer mehr aus dem Takt. In den Energiekombinaten Thüringens wird schließlich die „Geheime Verschlusssache" geöffnet; sie enthält den Befehl zur Abschaltung aller Verbraucher – der Süden der DDR versinkt ausgerechnet in der Silvesternacht in völliger Dunkelheit. Die komplette Stromversorgung kann dort erst nach Tagen wiederhergestellt werden.

Dass der „Jahrhundertwinter" 1978/79 die DDR viel schwerer traf als die damalige Bundesrepublik, war vor allem ihrer fast vollständigen Abhängigkeit von der Braunkohle als Energieträger geschuldet. Zudem gab es keine Vorsorge für den Eintritt eines solchen Ereignisses. Andererseits wurden dessen Folgen sowohl durch eine gewisse, dem Sozialismus systemimmanente **Bevorratungsmentalität** der Bevölkerung **gemildert**, als auch durch die im Vergleich zu heute **noch sehr geringe Abhängigkeit vom elektrischen Strom.**

Der weltweit größte durch ein Extremwetterereignis verursachte Blackout ereignete sich im **Januar 1998 in der kanadischen Provinz Quebec**. Warme Luftmassen hatten tagelang über kalten Schichten gelegen, bis es am 7. Januar plötzlich zu Niederschlägen kam, die noch gefroren, bevor sie den Boden erreichten. Das ganze Land wurde durch eine Eisschicht praktisch versiegelt. Bäume waren auf einmal von einer mehr als vier Zentimeter starken Glasur bedeckt und knickten wie Streichhölzer. Und die Masten der Hochspannungsleitungen taten es ihnen nach. In **[7]** kann man unter dem Titel „Überleben im gläsernen Sarg" die Schadensbilanz nachlesen:

- 300 Strommasten knickten um
- drei Millionen Haushalte waren ohne Strom
- 24 Menschen kamen ums Leben
- erst Ende Februar gingen die letzten Gemeinden wieder ans Netz
- 7.000 Quadratkilometer Wald wurden vernichtet
- Allein die Versicherungsschäden betrugen 1,5 Milliarden Dollar.

Die kleine Auswahl wetterbedingter Gefahrensituationen für das Stromnetz soll durch ein Ereignis abgeschlossen werden, bei dem am **28. März 2012 in Ostdeutschland** ein Blackout für das Verbundnetz gerade noch verhindert werden konnte. An diesem Tag herrschte ein außergewöhnlich hohes Angebot an regenerativem Strom, vor allem aus Windenergieanlagen. Die Netzbetreiber waren durch das seit 1991 geltende **Stromeinspeisungsgesetz** (2000 abgelöst durch das **Erneuerbare-Energien-Gesetz**) zu seiner Abnahme verpflichtet. Nur die zu gewährleistende Netzstabilität setzte dieser Verpflichtung Grenzen. Am Abend des 28. März fiel die 380 kV-Hochspannungsleitung von Wolmirstedt nach Helmstedt aus; damit standen nur noch zwei Leitungen für den Leistungsausgleich zwischen alten und

neuen Bundesländern zur Verfügung. Die im Osten erzeugte Leistung mit einem großen Anteil von Windstrom aus dem Norden konnte nicht mehr ausreichend abgeführt werden, als Folge erhöhte sich die Netzfrequenz. Die daraufhin vorgenommene massive Reduzierung von konventioneller und schließlich auch regenerativer Stromerzeugung von mehreren Tausend Megawatt vermochte diese bedrohliche Entwicklung nicht zu beenden; die Frequenz stieg immer weiter an. Gegen 20.00 Uhr stand das Netz kurz vor der bei 51,5 Hz zu erwartenden Notabschaltung. Rettung brachte schließlich die Schaltung **der Thüringer Pumpspeicherwerke Goldisthal und Merkersbach** auf die Funktion „Pumpen". Binnen weniger Minuten stieg ihre Leistungsentnahme aus dem Netz auf 2.400 Megawatt – der Blackout mit hochwahrscheinlich länderübergreifenden Auswirkungen konnte gerade noch vermieden werden.

Heute scheint diese überaus wichtige Fähigkeit der Pumpspeicherwerke zur Netzstabilisierung im Bewusstsein der Politik nicht mehr existent zu sein **[30]**.

4.4 Menschliches Versagen

Im Stromnetz laufen bestimmte Stabilisierungsmaßnahmen automatisch ab; andere erfordern planvolles menschliches Agieren unter Beachtung von sehr komplexen Bedingungen. Das beginnt mit der auch als „**Dispatch**" bezeichneten, unter Punkt 2 beschriebenen Einsatzplanung der Kraftwerke auch für den Folgetag auf der Basis von Prognosen für die benötigte Leistung sowie die Erzeugung von regenerativem Strom. „**Redispatch**" sind dann tagesaktuelle Eingriffe in die Erzeugungsleistung von Kraftwerken zur Vermeidung von Überlastungen. Wenn z. B. die Überlastung einer Leitung befürchtet wird, müssen vor dem Engpass befindliche Kraftwerke heruntergefahren werden, während die Leistung der dahinter befindlichen gesteigert wird. Sowohl Dispatch als auch Redispatch erfordert sorgfältige Abstimmungen zwischen mehreren Partnern.

Dass diese anspruchsvolle Tätigkeit nicht immer gut geht, zeigen mehrere Beispiele. So fiel In der Nacht des **28. September 2003** in ganz Italien um 3.27 Uhr der Strom aus, je nach Landesteil für bis zu 18 Stunden. Die Ursache dafür lag nicht in Italien, sondern in der Schweiz. Dort war eine Stromleitung durch eine menschliche Fehlentscheidung überbeansprucht worden und versagte – mit der Folge, dass 57 Millionen Menschen stundenlang ohne elektrische Energieversorgung waren.

Ein besonders markantes und auch lehrreiches Beispiel ist mit dem Kreuzfahrtschiff „Norwegian Pearl" verbunden, das am **4. November 2006** auf der Ems die Meyer-Werft in Papenburg verließ. Dabei musste aus Sicherheitsgründen die den Fluss querende 380 kV-Hochspannungsleitung abgeschaltet werden, wie es schon etwa 20 Mal zu gleichen Anlässen geschehen war. Doch diesmal saßen nach der Abschaltung plötzlich **zehn Millionen Menschen in Westeuropa ohne Strom** da. Teile von Deutschland, Belgien, Frankreich, Österreich, Italien und Spanien waren betroffen. In kaskadenartiger Weise pflanzte sich die Störung fort; das Europäische Verbundnetz zerfiel in Teilnetze, welche glücklicherweise relativ rasch stabilisiert und dann wieder miteinander synchronisiert werden konnten, so dass dieser Blackout nur rund zwei Stunden dauerte. Sein Ablauf bestätigte die allgemeine Einschätzung des BBK (in **[13]** auf S. 84): ***„Im Stromnetz entwickeln sich großflächige Ausfälle durchaus kaskadenartig: Ausgehend von der ursprünglich lokalen Störung können Blackouts entstehen, die sich über die Regelzonen in der Fläche fortsetzen. Demgegenüber ist aber auch ein flächendeckender Ausfall denkbar, der durch mehrere Einzelausfälle bedingt ist."***

Die Schuld an dem ziemlich kostenträchtigen, von der 380 kV-Leitung über die Ems ausgehenden Störfall wies der Netzbetreiberverband UCTE nach einer Untersuchung dem Energiekonzern Eon zu, welcher die Abschaltung vorgenommen hatte. Der konnte sich das Ganze nicht erklären und wollte sogar „höhere Gewalt" nicht ausschließen. Aber der Schuldvorwurf mit seinen juristischen Folgen blieb an dem Konzern haften. Doch sechs Jahre später legte das Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation in Göttingen eine **verblüffende Erklärung** vor, die auf umfangreichen Computersimulationen beruhte: Ursächlich für den Blackout vom November 2006 sei das sogenannte **Braess-Paradoxon [8]** gewesen. Dieses erst 1968 von dem deutschen Mathematiker Dietrich Braess eigentlich für das Verkehrswesen postulierte Paradoxon besagt, dass in der Verkehrsführung eine zusätzliche Straße unter Umständen eine Verschlechterung des Verkehrsflusses bewirkt. Es lässt sich auch auf Stromflüsse in elektrischen Leitungen anwenden: Die Installation einer neuen Leitung kann zu vorher nicht vorhandenen Engpässen im System führen. Für den zuständigen Eon-Dispatcher war es am 4. November 2006 natürlich nicht möglich, eine umfangreiche Computersimulation der Netzführung vorzunehmen.
Die Erklärung des Max-Planck-Instituts führt schlaglichtartig vor Augen, welchen Grad der Komplexität unser Stromnetz erreicht hat und mit welchem Risiko deshalb menschliche Eingriffe verbunden sein können (s. dazu auch Punkt 6).

In Anbetracht der möglichen Folgen eines Blackouts sollte die Zahl der menschlichen Eingriffe also möglichst verringert werden, doch ist das Gegenteil der Fall, wie Bild 10 zeigt. Damit steigt unbestreitbar die Eintrittswahrscheinlichkeit für einen durch menschliches Fehlverhalten verursachten Blackout. Und noch etwas ist bei der Retrospektive auf das nunmehr fast 14 Jahre zurückliegende Ereignis festzustellen: Heute wären seine Auswirkungen schwerer und die Zeit bis zur Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit des Netzes länger. Denn inzwischen ist unsere Abhängigkeit von elektrischem Strom noch vollkommener, das Netz komplexer und die Schwarzstartfähigkeit der Energieerzeuger geringer geworden (s. dazu Punkt 7).

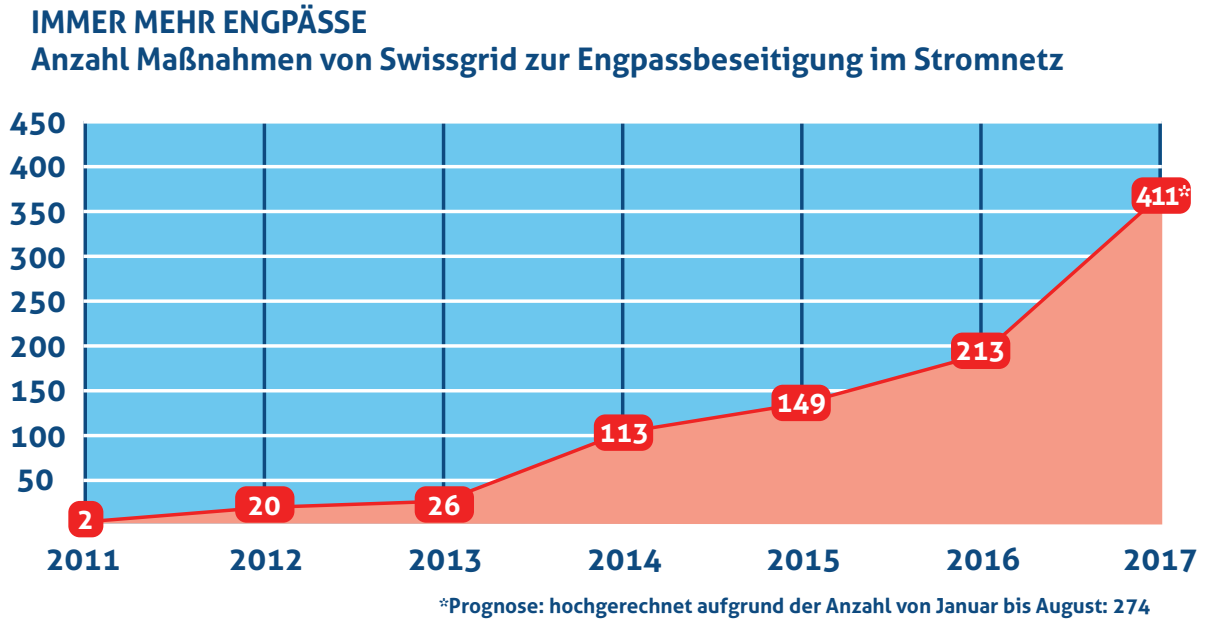


Bild 10: Entwicklung der Zahl von Redispatch-Maßnahmen im Schweizer Stromnetz, das ein Teil des Europäischen Verbundnetzes ist (Quelle: Swissgrid)

4.5. Cyberangriffe

In seinem Buch „Blackout. Morgen ist es zu spät" lässt der Autor Marc Elsberg das Europäische Verbundnetz durch einen Hackerangriff zusammenbrechen. Wie realistisch ist ein solches Szenario? Einen Hinweis liefert ein Geschehnis, das sich kurz vor **Weihnachten 2015 in der westukrainischen Provinz Iwano-Frankiwsk** abspielte. 30 Kraftwerke fallen plötzlich aus, worauf eine Viertelmillion Haushalte keinen Strom mehr haben. Wohnungen, Unternehmen und öffentliche Einrichtungen bleiben tagelang ohne Elektrizität. Was sich erst später herausstellte: Es handelte sich bei dem Vorfall um den weltweit ersten großen Stromausfall, der von Hackern verursacht wurde. Nach Aussagen des US-Heimatschutzministeriums hatten von Russland aus agierende Hacker Spear Phishing E-Mails eingesetzt, um sich über einen Schadcode Zugangsberechtigungen zu den Steuerungseinheiten zu beschaffen. Das Programm war in einem manipulierten Word-Dokument enthalten, das als E-Mail des ukrainischen Parlaments getarnt war **[9]**. Nach der Implementierung des Schadcodes besaßen sie die völlige Verfügungsgewalt über die Energieversorgung.

Es ist denkbar, dass diese Aktion nur ein Scharmützel aus dem schon längst begonnenen kalten digitalen Krieg zwischen Russland und den USA war, bei dem man der anderen Seite zeigen wollte, wozu man ohne weiteres in der Lage ist. Offenbar versuchen beide Großmächte schon seit einiger Zeit, in den IT-Systemen der Kritischen Versorgungsstrukturen des potentiellen Gegners „**logische Bomben**" zu platzieren – inaktive Schadprogramme, die im Fall einer „Zündung" das öffentliche Leben vollständig lahmlegen **[10]**. Besonders verheerend ist dabei ihre Fähigkeit, alle Daten und Programme des angegriffenen Systems zu löschen, was einen Neustart unmöglich macht.

Aber auch unterhalb der Ebene globaler Auseinandersetzungen tobt bereits ein Partisanenkrieg der Hacker mit unterschiedlichen Motivationen. Wir zitieren dazu aus einer Wirtschaftsdokumentation von 3sat vom 21.06.2019 **[11]**:

*Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) warnt immer wieder vor **Cyberangriffen auf Energieversorger.** „Jeden Tag gibt es tausendfache Anklopfversuche aus dem Internet", bestätigt auch Florian Haacke, Leiter der Konzernsicherheit bei Deutschlands größtem Stromnetzbetreiber Innogy. In der Essener Konzernzentrale wehren rund 130 Spezialisten solche Attacken ab. Mit **ernsten Bedrohungen** haben sie es **bis zu 40 Mal im Jahr** zu tun. Haacke mahnt zur Wachsamkeit: „Letztendlich zeigen die Vorfälle in der Ukraine, dass es Angreifer oder Angreifergruppen gibt, die über die logistischen und methodischen Fähigkeiten solcher Angriffe verfügen und diese auch tatsächlich in der Praxis umsetzen. Das war tatsächlich eine neue Dimension für den Energiesektor. Und wir sollten auch in Deutschland nicht annehmen, dass es unmöglich ist - **auch unsere Stromnetze sind nicht unverwundbar.** Eine hundertprozentige Sicherheit kann es nicht geben."*

Wie sind nun die Perspektiven in dem digitalen Krieg um die Herrschaft im Stromnetz? Die Antwort kann nur lauten: rosig – und zwar für die Angreifer. Denn unserem Netz stehen fundamentale Veränderungen bevor, die seine Verwundbarkeit dramatisch erhöhen werden. Im Rahmen der Energiewende ist die Umrüstung von einigen Millionen Haushalten auf „Smart Meter" (intelligente Stromzähler) und deren Integration in „Smart Grids" (intelligente Netze) vorgesehen. Der Grund dafür ist eine fundamentale Änderung der Versorgungsphilosophie: **Wurde bislang die Erzeugung von Elektroenergie an den jeweiligen Bedarf angepasst, hat sich in Zukunft der Verbrauch an die stark schwankende Stromerzeugung aus Wind und Sonne zu adaptieren.** Das soll mittels smarter Bauteile wie „**Smart Plugs**" (intelligente Steckdosen) oder **smarter Lüsterklemmen** geschehen. Damit diese

kleinen Intelligenzbestien ihre Befehle von zentralen Steuereinheiten erhalten können, bekommt **das vorhandene Leitungsnetz** eine ganz neue Aufgabe: **Es dient nicht mehr nur der Energieversorgung, sondern auch der Übertragung von Informationen** – es ist zum **Datennetz** geworden. Und damit lastet auf ihm plötzlich die ganze Problempalette der Cyber-Sicherheit.

Für technisch versierte Hacker (und das sind leider die meisten), die das Stromnetz mit dem Ziel der Herbeiführung eines Blackout angreifen wollen, eröffnen sich ganz neue Möglichkeiten. Jede dieser smarten Steckdosen oder Lüsterklemmen ist für sie ein potentielles **Einfallstor in das Datennetz der Energieversorgung**, das ihnen sogar physisch zur Verfügung steht. Natürlich gibt es auf der anderen Seite ernsthafte Bemühungen um Cybersicherheit. Doch bei der Vielzahl der erfolgreichen Angriffe auf Firmen, Kommunen und Behörden gewinnt man den Eindruck, die Angreifer seien den Verteidigern stets einen Schritt voraus. Jüngstes beeindruckendes Beispiel ist der Hackerangriff auf das Berliner Kammergericht, welches daraufhin monatelang nicht arbeitsfähig war **[12]**. Die Hacker besaßen während eines langen Zeitraums die uneingeschränkte Verfügungsgewalt über sämtliche Daten.

4.6 Zunahme stochastischer Energien im Netz

Stochastische Größen zeichnen sich durch einen irregulären zeitlichen Verlauf mit großen und raschen Fluktuationen aus. **Wind** ist eine rein stochastische Energiequelle; der **Solarenergie** ist ein (weitgehend) deterministischer Anteil der Sonneneinstrahlung auf die Erdatmosphäre überlagert. Die Entwicklung der Anteile der Bruttostromerzeugung in Deutschland aus Windkraft und Photovoltaik in den letzten Jahren zeigen die Bilder 11 und 12.

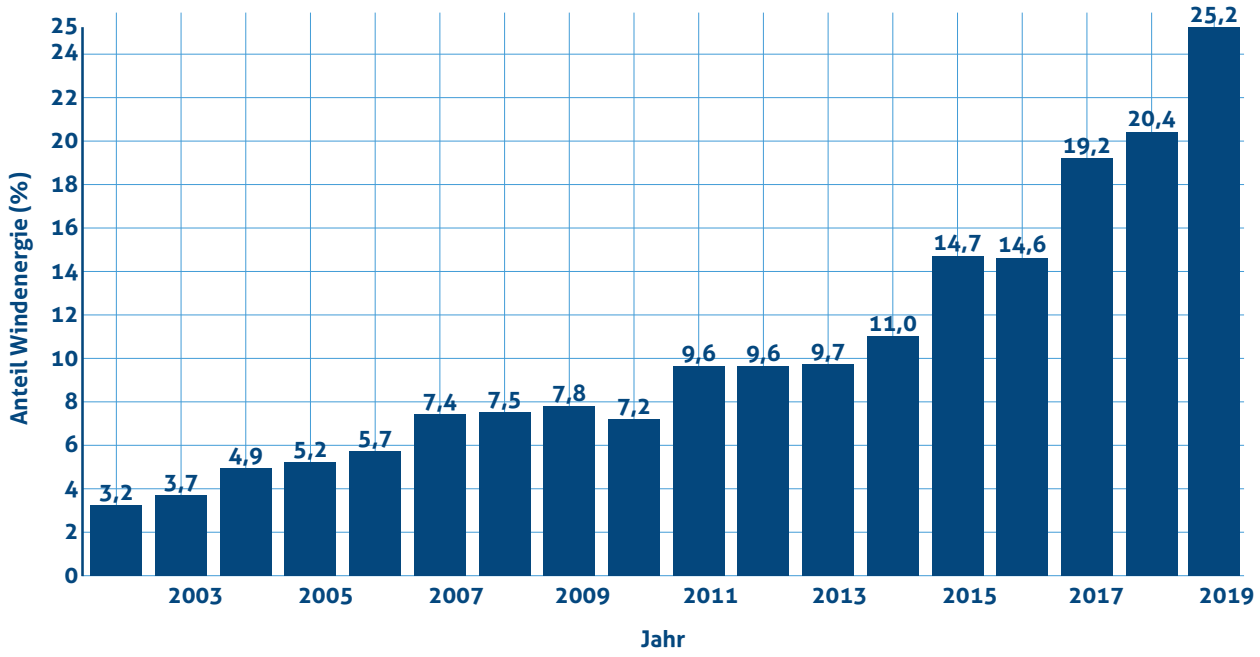


Bild 11: Anteil des Windstroms an der Gesamtstromerzeugung in Deutschland (Quelle: Fraunhofer Institut für solare Energiesysteme ISE, 03.07.2019)

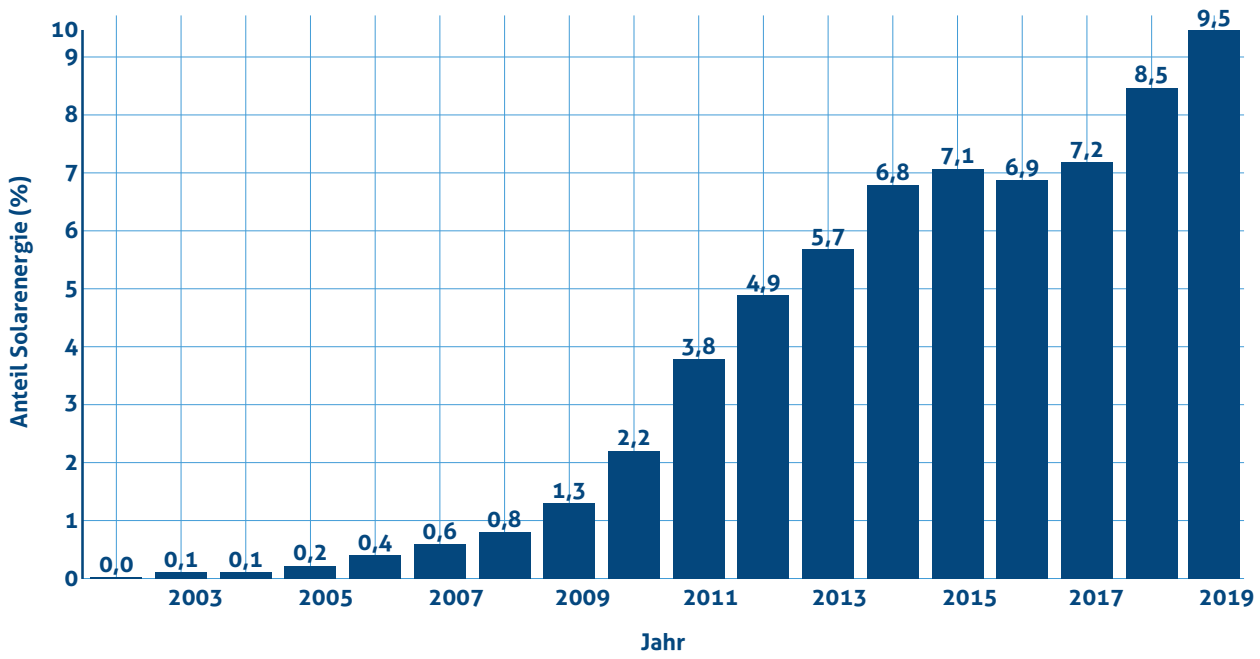


Bild 12: Anteil des Solarstroms an der Gesamtstromerzeugung in Deutschland (Quelle: Fraunhofer Institut für solare Energiesysteme ISE, 03.07.2019)

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz gewährt diesen fluktuierenden Energien Vorrang bei der Einspeisung in das Stromnetz. Damit ändert sich dessen Steuerung dramatisch. Wurde früher die Energieerzeugung alleine nach dem Bedarf geregelt, muss sie sich jetzt nach dem schwankenden Aufkommen von Wind und Sonne richten und im Extremfall sogar den Stromverbrauch anpassen, indem Verbraucher „abgeworfen" werden.

Im ersten Halbjahr 2019 wurden in Deutschland aus Sonne und Wind 37,4 Prozent des Gesamtstromverbrauchs erzeugt – ein von vielen Kommentatoren bejubelter Zuwachs gegenüber dem Vorjahr von 4,9 Prozentpunkten. **Doch diese Energien beteiligen sich nicht an der Regelung von Spannung und Frequenz im Netz. Die Lösung der immer größer werdenden Regelaufgabe wird immer weniger Kraftwerken auferlegt.**

Folgerichtig können die Autoren der vom **Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe** am 11.09.2019 herausgegebenen Publikation **Stromausfall - Grundlagen und Methoden zur Reduzierung des Ausfallrisikos der Stromversorgung [13]** die Freude über die Zunahme von Wind- und Sonnenstrom im Netz nicht so recht teilen. In offenbarer Sorge um dessen Systemstabilität schreiben sie auf Seite 113/114:

„Nach den Beschlüssen zur Energiewende 2011 befindet sich die deutsche Stromversorgung in einem radikalen Wandel, denn die Rahmenbedingungen haben sich grundlegend verändert: Die Stromerzeugung aus regelbaren Großkraftwerken verliert zunehmend an Bedeutung, während die Stromgewinnung durch fluktuierende Erzeuger wie Windenergieanlagen und Photovoltaik stark ansteigt. ***Die Betreiber von Übertragungsnetzen****, die durch §13 EnWG verpflichtet sind, in der Bundesrepublik einen sicheren Netzbetrieb zu gewährleisten,* ***können die ‚Stellschrauben' Frequenzhaltung, Spannungshaltung, Versorgungswiederaufbau und Betriebsführung nicht mehr so nutzen, wie das vor der Energiewende der Fall war.***

Die Netzauslastung ist durch die Energiewende hochdynamisch geworden. *Im Winter 2011/12 sind mehrfach Lagen eingetreten, in denen die* ***Netzsituation so angespannt*** *war, dass der Ausfall einer Umspannanlage oder eines zusätzlichen Kraftwerksblocks in Verbin-*

dung mit Netzfehlern zu spannungsabhängigen ***Lastabwürfen hätte führen können*** *(BNetzA 2012, S. 14).*" (Hervorhebungen durch den Autor)

Wie schon in Punkt 2 erwähnt, wurde das Stromnetz für Energieflüsse von den höheren zu den niedrigeren Spannungsebenen konzipiert. Doch mit der bevorrechtigten Einspeisung von Strom aus Wind, Biogas und Sonne auf unteren Spannungsebenen fließt ein erheblicher Teil des Stromes im Netz „rückwärts". Das hat Konsequenzen, die nur dem fachkundigen Kraftwerkstechniker vollständig bekannt sind; in der Publikation **[13]** des BBK heißt es dazu auf Seite 102:
„Die ***vermehrte Einspeisung in das Niederspannungsnetz*** *über Wechselrichter erschwert die Bereitstellung von Blindleistung als Systemdienstleistung zur Spannungshaltung. Eine erschwerte Spannungshaltung erhöht aber das Risiko von Versorgungsproblemen und* ***stellt*** *deshalb e****ine Verwundbarkeit für die Netzsteuerung dar****."*

Und noch eine Textstelle aus **[13]** auf Seite 102 ist beachtenswert:
„Durch die Zunahme von fluktuierenden Erzeugern wird das Engpassmanagement erschwert*, da sie einerseits Netzengpässe verursachen, andererseits aber nicht zum Engpassmanagement beitragen können."*

Dass die stochastischen Erzeuger im Gegensatz zu den regelbaren Generatoren grundsätzlich nicht zum Engpassmanagement beitragen können, soll am Beispiel der unter Punkt 2 erwähnten **Momentanreserve** erläutert werden – ausnahmsweise unter Benutzung einer physikalischen Formel. Die Momentanreserve ist als kinetische Energie in gewaltigen Schwungmassen der Generatoren gespeichert und wird bei Abbremsung des Generators infolge erhöhter Verbraucherlast automatisch im Millisekundenbereich freigesetzt – ein überaus einfacher und effizienter Regelvorgang. Photovoltaikanlagen leisten so etwas natürlich nicht. Wie sieht es aber mit der kinetischen Energie der Windräder aus? Zunächst muss festgestellt werden, dass die Wechselrichter, mit denen die Windgeneratoren an das Netz angeschlossen sind, sich für eine derartige Regelaufgabe nicht eignen. Dies ließe sich prinzipiell mittels einer geeigneten Leistungselektronik ändern. Ob sich das lohnt, zeigt eine physikalische Betrachtung.

Für die kinetische Rotationsenergie **W** gilt die Formel

$$W = \Theta/2 \cdot \omega^2$$

mit dem Trägheitsmoment **Θ** der rotierenden Masse und deren Winkelgeschwindigkeit **ω**. Die Winkelgeschwindigkeit **ω** hängt mit der Drehzahl **n** über die Beziehung

$$\omega = 2\pi \cdot n$$

zusammen.

Die Drehzahl eines herkömmlichen Generators beträgt n_{gen} **= 3.000/min**,
die Nenndrehzahl eines Windrotors n_{Rotor} **= 10/min**

Auf die Definition des Trägheitsmomentes soll hier nicht weiter eingegangen werden; nur so viel: Wegen der viel größeren Masse der Generatorschwungscheibe liegen die Trägheitsmomente von Rotor und Schwungscheibe trotz der großen Ausdehnung des Rotors ungefähr in der gleichen Größenordnung. Die Rotationsenergien von Generatorschwungscheibe und Windradrotor betragen dann:

$$W_{Generator} = \Theta/2 \cdot \omega^2_{Gen} = \Theta/2 \cdot 4\pi^2 \cdot 9.000.000/min^2$$
$$W_{Rotor} = \Theta/2 \cdot \omega^2_{Rotor} = \Theta/2 \cdot 4\pi^2 \cdot 100/min^2$$

Für ungefähre Gleichheit der Trägheitsmomente ergibt sich daraus ein Verhältnis

$$W_{Generator} : W_{Rotor} = 90.000 : 1$$

Eine Wiedereinspeisung der vergleichsweise verschwindend geringen Rotationsenergie des Windrotors in das Stromnetz lohnt sich also nicht. Ohne eine Lösung des Problems der fehlenden Momentanreserve kann ein (fast) ausschließlich aus fluktuierenden Energien gespeistes Netz nicht betrieben werden. Technische Lösungen sind denkbar, doch ihr Aufwand wird die Energiewende weiter dramatisch verteuern.

Nicht zu unterschätzen ist auch das Gefahrenpotential, das durch den **Bedeutungswandel des Wetterberichtes** für die Netzsteuerung enstanden ist. Vor dem Stromeinspeisungsgesetz von 1991 war für die Wächter des Stromnetzes bis auf seltene Extremwetterlagen das Wetter gar kein Thema. Doch heute ändert sich mit dem Wetter die bevorrechtigte Einspeisung des „grünen" Stroms – und dies manchmal recht plötzlich entgegen der Voraussage. Windräder beginnen mit der Stromproduktion bei Windgeschwindigkeiten von etwa 10 km/h, bei einem Zehn-Sekunden-Mittel von 70 km/h schalten die ersten Anlagen aus Sicherheitsgründen ab; die letzten gehen bei 108 km/h vom Netz. Wenn ein vorhergesagter steifer Wind der Stärke 7 sich auf einmal nicht mehr an die Prognose hält und Sturmstärke entwickelt, entstehen jähe Verminderungen der Einspeisung, weil die sich abschaltenden Windräder ja unmittelbar vor der Abschaltung ihre Maximalleistung entwickelt haben. Dies macht sofortige **Redispatchmaßnahmen** in einzelnen Bilanzkreisen oder gar Regelzonen erforderlich, wie sie früher nicht nötig waren.

Der Strom aus Sonne und Wind wird in das Netz über **Wechselrichter** eingespeist. Diese benötigen als „Vorgabe" für den Betrieb eine externe Wechselspannung von 50 Hz. Ohne eine solche Vorgabe, die derzeit im Wesentlichen von den regelbaren konventionellen Großkraftwerken kommt, „wüssten" sie gar nicht, was für einen Strom sie erzeugen sollen. Der NAEB e. V. Stromverbraucherschutz **[14]** vertritt die These, dass für einen stabilen Netzbetrieb mindestens 40% regelbare Energie auf der Erzeugerseite zur Verfügung stehen muss. Es ist zu beachten, dass die weiter oben genannten 37,4 Prozent nur einen Mittelwert darstellen; in Spitzen kamen Wind und Sonne auf mehr als 50 Prozent. Nach der These von NAEB und den obigen Zitaten aus der Veröffentlichung **[13]** des BBK **dürfte mit Rücksicht auf die unbedingt zu bewahrende Netzstabilität eine weitere Steigerung des Anteils stochastischer Energien im Netz kaum noch zugelassen werden**. Doch das Gegenteil ist der Fall! Im Koalitionsvertrag der Bundesregierung ist eine Erhöhung des Anteils der „Erneuerbaren" an der Bruttostromerzeugung auf 65 Prozent bis 2030 festgeschrieben. Und für den Ausstieg aus gesicherter Erzeugung gibt es auch schon einen Fahrplan, den Bild 13 zeigt.

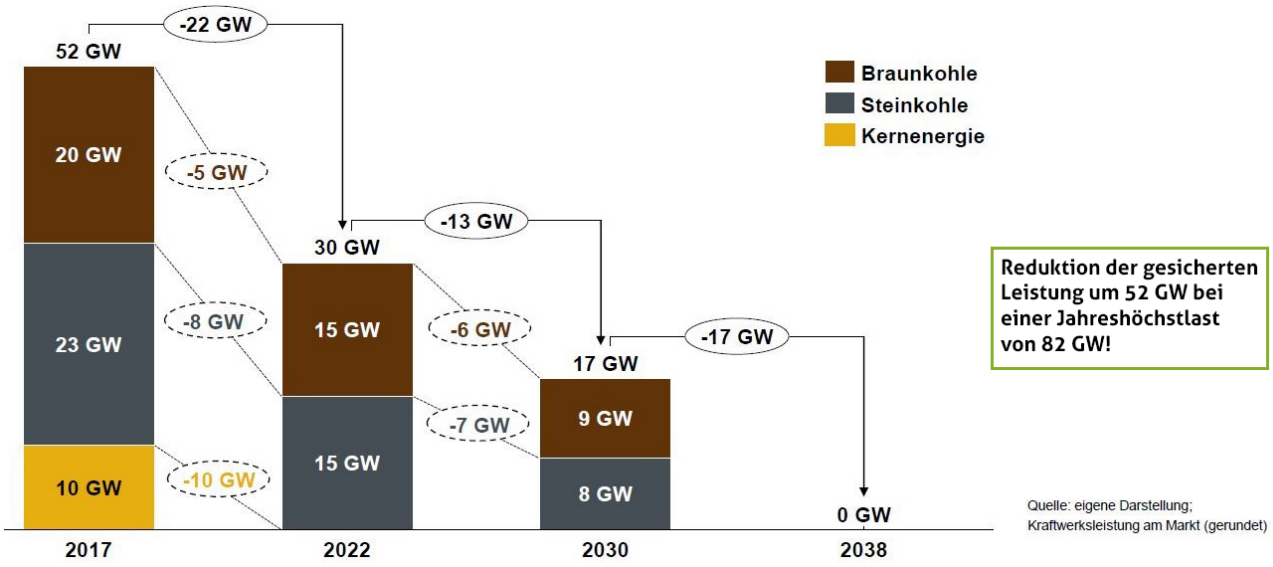


Bild 13: Geplante Abschaltung der mit Kernenergie, Braunkohle und Steinkohle betriebenen Kraftwerke (Quelle: MIBRAG vom 30.08.2019)

Nach der Abschaltung von 52 Gigawatt nicht fluktuierender Energie stünden dann im Jahr 2038 als gesicherte Energielieferanten noch Wasserkraft, Biomasse und Erdgas zur Verfügung, die heute etwa 23 Prozent des Bedarfs abdecken können. Um die fehlende Leistung **nur theoretisch auszugleichen**, müsste die Energieerzeugung aus Wind und Sonne mehr als verdreifacht werden.

4.7 Defizitäre Stromerzeugung...

Doch weder eine Verdopplung, noch irgendeine Vervielfachung der Stromerzeugung aus stochastischen Quellen kann die zukünftige Energieversorgung wirklich kontinuierlich sichern, weil eine realistische Lösung des Speicherproblems nicht in Sicht ist **[15]**. Immer wieder gibt es Dunkelflauten, in denen die konventionellen Kraftwerke fast 90 Prozent des Energiebedarfs decken müssen; in Bild 14 ist ein reales Beispiel dargestellt.

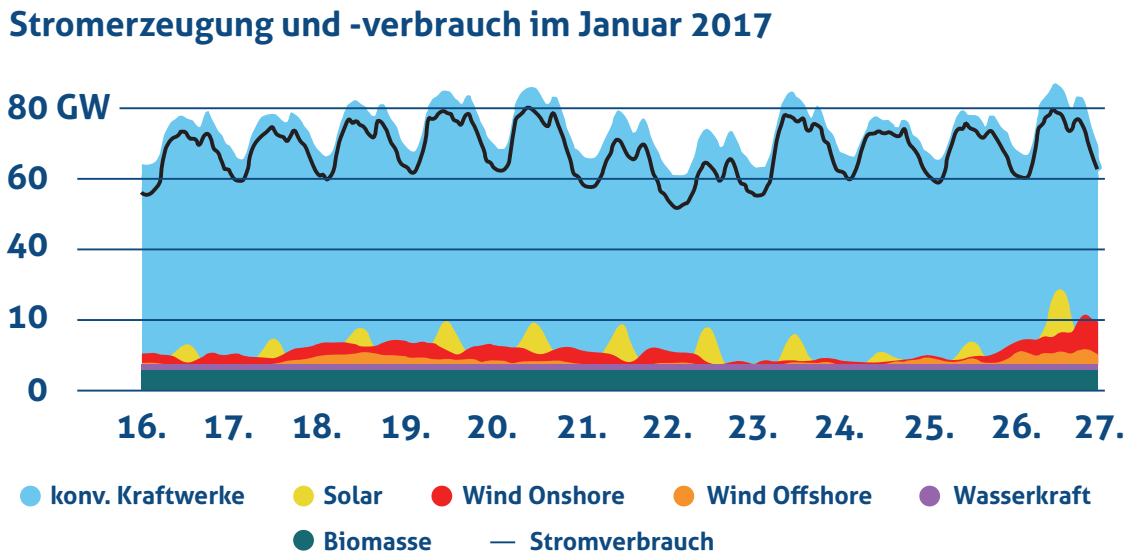


Bild 14: Diese Grafik zeigt den realen Fall einer zehntägigen Dunkelflaute in Mitteleuropa (Quelle: Infografik Die Welt)

Daher müssten im Gleichtakt mit der Abschaltung konventioneller Kraftwerke zügig regelbare „Schattenkraftwerke" erstellt werden, für die als Energieträger das teure, und angeblich „klimafreundliche" Erdgas im Gespräch ist. Doch wie ist es um die Klimafreundlichkeit des Erdgases überhaupt bestellt? Bei seiner Verstromung emittiert es im Vergleich zu Steinkohle nur rund die Hälfte von dessen CO2. Mit dieser Feststellung begnügt sich die offizielle Meinung und verschließt dabei geflissentlich die Augen vor einer anderen Tatsache, die **Erdgas zum größeren Klimaschädling macht als die Kohle**. Es ist dies der sogenannte **„Schlupf" von Methangas**, der bei seiner Förderung freigesetzt wird und etwa 5 bis 11 Prozent der Fördermenge beträgt **[16]**. Seine Klimaschädlichkeit über einen Zeitraum von 100 Jahren soll 25 Mal stärker sein als die vorgebliche Schädlichkeit des Kohlendioxids. Bereits bei einem Schlupfanteil von vier Prozent hätte sich damit der Emissionsvorteil von Erdgas komplett erledigt. Doch weil das Methan nicht auf dem Hoheitsgebiet der Bundesrepublik Deutschland freigesetzt wird, sondern stattdessen über der Nordsee, über Russland, Saudi-Arabien, Algerien, Turkmenistan, Irak, dem Iran und den USA, ignoriert man seine Emission einfach.

Aber werden dessen ungeachtet wenigstens genug Gaskraftwerke gebaut, um den Kahlschlag bei Kernkraft und Kohle auszugleichen? Diese Frage kann nur mit einem klaren „Nein" beantwortet werden. Wie der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) am 01.04.2019 auf der Hannover-Messe kritisierte, waren zu diesem Zeitpunkt nur vier Gaskraftwerke mit insgesamt 572 Megawatt (das sind nur 0,572 Gigawatt!) Leistung im Bau; acht befanden sich im Genehmigungsverfahren und für drei weitere lag eine Genehmigung vor. Ursächlich für diese Misere ist die fehlende Neigung von Investoren, ihr Geld in Gaskraftwerke zu stecken, die nur dann angefahren werden dürfen, wenn Wind und Sonne Pause machen. Bei einer solchen Fahrweise steht fest, dass **die Betriebskosten exorbitant hoch sein werden**; doch ihre genaue Höhe lässt sich nicht kalkulieren. Der vermutlich beschrittene Ausweg wird darin bestehen, die gesamten Kosten dieser katastrophalen Unrentabilität auf die Stromkunden abzuwälzen **[17]**.

Die Abschaltung thermischer Kraftwerke hat in Deutschland höchste politische Priorität. Und sie erfolgt offenbar nach dem Prinzip „Augen zu und durch!". Ein beeindruckendes Beispiel dafür ist der Umgang mit der am 31.12.2019 erfolgten Abschaltung des Kernkraftwerks Philippsburg in Baden-Württemberg. Wie FOCUS online berichtete, war bereits vorher klar, dass dem Ländle danach 14 Prozent der benötigten Elektroenergie fehlen würden **[18]**. Man beauftragte eine Studie: „Versorgungssicherheit in Süddeutschland bis 2025 - sichere Nachfragedeckung auch in Extremsituationen?". Sie kam erwartungsgemäß zu dem Schluss, dass „Deutschland in deutlichem Umfang auf Importe aus Nachbarländern angewiesen sein werde". Doch: ***„Ob die Nachbarländer die von Deutschland benötigten Erzeugungsleistungen zur Verfügung stellen können und werden, wurde in der Untersuchung nicht überprüft"*** zitiert der SWR aus der Studie. ***„Insgesamt beurteile die Studie die Versorgungssituation optimistischer als Vorgängerstudien.*** *Vor allem aus einem Grund: Insbesondere in Frankreich und in Polen würden Kern- und Kohlekraftwerke länger laufen als geplant."*

Das bedeutet: Die Politik in Baden-Württemberg hat so lange Studien anfertigen lassen, bis – unter Weglassung entscheidender Fakten – das gewünschte Ergebnis herauskam! Tatsächlich wurde in Frankreich, dessen Stromerzeugung im Winter immer wieder unzureichend ist, das Atomkraftwerk Fessenheim am 29. Juni 2020 abgeschaltet, weitere 14 Reaktoren (von insgesamt 58) sollen bis 2035 folgen. Polen wird von der EU massiv zur Einhaltung von „Klimazielen" gedrängt, und die Niederlande legen wegen Klagen von Umweltschützern vorzeitig Kohlekraftwerke still.

Am 15.01.2020 erschien in der WELT ein Artikel unter dem Titel: **„Die Stromlücke kommt später – dafür aber schlimmer"**, in dem die Entwicklung der Stromproduktion in Deutschland aus der Perspektive der Netzbetreiber analysiert wird **[19]**. Die wesentlichen Aussagen von Amprion, TenneT, 50Hertz und TransnetBw in dieser Veröffentlichung lauten:

- **Die vorhandenen Leistungsreserven an einem Stichtag jeweils im Januar sinken ständig.** 2017 betrugen sie noch 42,2 Gigawatt, 2019 waren es noch 3,5 Gigawatt, was etwa der Leistung von drei Großkraftwerken entspricht.
- **Unter möglichen ungünstigen Bedingungen** (die glücklicherweise nicht eingetreten sind) **hätte Deutschland seinen Strombedarf zu Zeiten einer angenommenen Spitzenlast am 20. Januar 2020 bereits nicht mehr aus eigener Kraft decken können** und wäre auf den Import von 0,5 Gigawatt aus dem Ausland angewiesen gewesen.
- **Unter Annahme der gleichen Bedingungen ergibt sich für 2021 ein gesteigertes Defizit von 5,5 Gigawatt.**

Der WELT-Autor Daniel Wetzel zitiert aus dem Bericht der vier Netzbetreiber ein paar Aussagen, die nicht gerade beruhigend klingen: ***„Die deutliche Verringerung der verbleibenden Leistung zwischen den Stichzeitpunkten 2020 und 2021 ist im Wesentlichen auf den Wegfall der Netzreservekraftwerke zurückzuführen."*** Die Nutzung solcher Kraftwerke soll den *„sicheren und zuverlässigen Netzbetrieb" gewährleisten.* Da jedoch die beihilferechtliche Genehmigung der EU-Kommission für die Netzreserve mit dem 30.06.2020 auslaufe, ***„wird ab 2021 keine Netzreserve im Leistungsbilanzbericht mehr angesetzt."*** Ob das Ausland über genug Erzeugungskapazitäten für die benötigte Hilfe verfügt, haben Amprion & Co. nicht untersucht.

Am deutlichsten wird die Gefahr eines Blackouts in einem WELT-Artikel vom 09.03.2020 benannt, der auch den Titel trägt: „Die Gefahr eines Blackouts ist da" **[20]**. In einem Interview mit der Zeitung warnt der Vorstandschef des Energiekonzerns Uniper, Andreas Schierenbeck vor einer erheblichen „Stromlücke" von bis zu sieben Gigawatt in Deutschland und steigenden Blackout-Gefahren, auf die er derzeit keine energiepolitische Antwort sehe. Hier zwei Zitate aus dem lesenswerten Interview:

„Wenn der Anteil von Solar und Wind aber deutlich über 40, 50 oder 60 Prozent steigt, wird es ohne eine solide Rückendeckung durch fossile Reservekraftwerke nicht mehr gehen. Das hat man kürzlich in Großbritannien gesehen. Der große Blackout im August vergangenen Jahres geschah an einem Tag, an dem fast 65 Prozent Windenergie im System waren." „Ich gehe davon aus, dass wir in den nächsten drei Jahren eine Lücke von mehr als sieben Gigawatt an sicherer Erzeugungskapazität in Deutschland haben können, um die Spitzenlast zu decken. **Es wird also die Kapazität von mindestens sieben Großkraftwerken fehlen.** Ich halte das für bedenklich."

4.7.1 ...und ihre wahrscheinlichen Folgen

Womit müssen wir als Verbraucher von Elektroenergie in Deutschland angesichts der vorstehend beschriebenen defizitären Entwicklungen rechnen? Natürlich mit weiter steigenden Strompreisen. Doch als weitere Folge werden Häufigkeit und Dauer der Zeitintervalle zunehmen, in denen Elektroenergie nicht mehr dem Bedarf entsprechend bereitgestellt werden kann. Damit werden **Zwangsabschaltungen** unumgänglich. Industrielle Großverbraucher trifft dieses Los schon seit einiger Zeit. Die Trimet-Hütte, Deutschlands größter Aluminium-Hersteller, die soviel Strom verbraucht, wie die Städte Hamburg, Essen und

Dortmund zusammen, erlebte ihre erste Abschaltung am 13. Februar 2014 – viele weitere folgten. Im Jahr 2018 musste die deutsche Aluminiumindustrie 78 Abschaltungen erdulden. Mit dem wachsenden Defizit der deutschen Stromproduktion wird auch die Häufigkeit solcher kontrollierten Lastabwürfe anwachsen. Zweifellos wird man so lange wie möglich versuchen, sie auf die Industrie zu beschränken. Doch in Verbindung mit den welthöchsten Strompreisen und mit einer CO2-Steuer, die in Deutschland bis 2030 auf 180 Euro pro Tonne ansteigt, bedeutet dies eine sehr ernsthafte Gefährdung von Arbeitsplätzen. **Deshalb werden die Netzbetreiber immer wieder unter dem politischen Druck stehen, das Netz an der Grenze seiner Leistungsfähigkeit zu fahren, um eigentlich gebotene kontrollierte Abschaltungen zu vermeiden. Dass eine derartige Fahrweise das Risiko eines Blackouts signifikant erhöht, bedarf keiner näheren Erläuterung.**

Nach der aktuellen Vorstellung der Bundesregierung sollen bis 2030 auf deutschen Straßen **zehn Millionen Elektro-Pkw und 500.000 Elektro-Nutzfahrzeuge** unterwegs sein, die dann Strom aus 300.000 Ladepunkten ziehen **[21]**. Es lässt sich abschätzen, dass für diese Fahrzeuge jährlich zusätzliche Elektroenergie von rund 40 Milliarden Kilowattstunden zu erzeugen und im Netz bis zu den Ladestationen fortzuleiten ist. Das entspricht dem Energieverbrauch von fast 20 Millionen Zwei-Personenhaushalten – keine Kleinigkeit. Sollte sich dieser Traum der Regierung erfüllen, geriete er zum Albtraum für das Netz.

Die **Batterieautos** in gigantischer Zahl sollen übrigens nicht nur der Fortbewegung von Menschen und dem Transport von Gütern dienen; nebenbei **sind** sie **auch für eine Stabilisierung des Stromnetzes vorgesehen**: *„Werden Elektroautos gerade nicht genutzt und sind an das Stromnetz angeschlossen, können ihre Batterien zukünftig als Puffer dienen und damit die Stabilität des Stromnetzes unterstützen*" **[22]**. Wann schließt wohl der Besitzer eines Batterieautos sein Fahrzeug an das Stromnetz an? Die richtige Antwort auf diese Frage lautet: Wenn es geladen werden muss. Damit wird das Auto aber über den Ladestecker zur „flexibel zuschaltbaren Last", der ein Bilanzkreisverantwortlicher des Stromnetzes nach eigener Entscheidung die noch vorhandene Ladung auch wieder entziehen kann. Dass der Besitzer einer solchen Form der Fremdnutzung seines Fahrzeugs freiwillig zustimmt, ist schwer vorstellbar. Zudem muss er ja auch noch eine signifikante Verringerung der Lebensdauer der Batterie hinnehmen, die nur eine begrenzte Zahl von Ladezyklen verträgt. Doch diese Vorstellung von der Zukunft unserer Mobilität soll eine tragende Säule der Energiewende werden. An ihrer Abwegigkeit kann allerdings auch die hochtrabende Bezeichnung „**Sektorenkopplung**" nichts ändern.

4.8 Abnahme der Schwarzstartfähigkeit

Unter Schwarzstartfähigkeit versteht man die **Fähigkeit eines Erzeugers von Elektroenergie, unabhängig vom Stromnetz aus dem abgeschalteten Zustand hochzufahren.** Die Schwarzstartfähigkeit von Stromerzeugern im Netz beeinflusst nicht die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Blackouts; stattdessen ist sie von entscheidender Bedeutung für seine Dauer. Schwarzstartfähig sind:

- **Pumpspeicherkraftwerke**
- **Laufwasserkraftwerke**
- **Gaskraftwerke**, die dabei allerdings einen Batteriespeicher oder ein großes Notstromaggregat benötigen.

Atom- und Kohlekraftwerke können noch einige Stunden nach dem Netzausfall die für ihren Betrieb erforderliche Eigenenergie produzieren; danach brauchen sie zum Wiederanfahren Fremdleistung. Die schwarzstartfähigen Energieerzeuger sind die Lebensversicherung des Stromnetzes; ohne sie könnte seine Funktion nach einem Blackout nicht wieder aufgebaut werden. Für einen solchen Wiederaufbau gibt es Pläne. Zunächst werden praktisch alle Trennschalter im Netz auf „Aus" gestellt. Dann sollen in einem ersten Schritt die autarken Schwarzstarter durch sogenannte Impulsproduktion thermische Großkraftwerke hochfahren, damit diese ihre normale Stromproduktion wieder aufnehmen. Mit ihnen erfolgt der schrittweise **Aufbau von Teilnetzen**, welche dann nach einer **Synchronisierung** miteinander verbunden werden können. Wie kompliziert der gesamte Prozess bis zur völligen Wiederherstellung des Netzes ist, können Interessierte in dem Artikel von F. Prillwitz und M. Krüger „Netzwiederaufbau nach Großstörungen" **[23]** nachlesen.

Doch was ist, wenn die Forderungen von Fridays For Future erfüllt werden und es keine thermischen Großkraftwerke mehr gibt? Windräder und Solaranlagen sind nicht schwarzstartfähig. Dann sind die bisherigen Pläne Makulatur, und es ist fraglich, ob das Netz – selbst mit gigantischem Zeitaufwand – im Falle eines Blackouts überhaupt wieder aufgebaut werden kann. Gelegentlich werden von den Verfechtern der Energiewende Batteriespeicher als möglicher Ausweg aus der Misere genannt **[24]**, doch der damit verbundene Aufwand dürfte kaum zu bewältigen sein.

4.9 Mangelnde Sachkunde der Politik

Vor etwas mehr als einem Jahrhundert gab es in Deutschland **schon einmal eine Energiewende**; auch sie war mit einem Strukturwandel der Wirtschaft verbunden. Im Deutschen Kaiserreich existierten 1895 nach regierungsamtlicher Zählung 18.362 betriebene Windmühlen; 1907 war ihre Zahl bereits auf 8.170 gesunken. Ursächlich für dieses Windmühlensterben war das Aufkommen des Elektromotors, für den Strom zur Verfügung stand, der aus Kohle gewonnen wurde. Mit dieser neuen Technik galt für einen Kontrakt über das Mahlen von Getreide auf einmal nicht mehr der Vorbehalt: „Wenn der Wind weht". Außerdem stand nun ein Vielfaches der früheren Antriebsleistung von bestenfalls 10 Kilowatt zur Verfügung. Und man benötigte für den Mahlprozess keine windgünstigen Standorte mehr auf Hügeln mit schlechter Zuwegung; große Mühlen in verkehrsgünstiger Lage übernahmen diese Aufgabe zu einem Bruchteil der bisherigen Kosten. Das Brot beim Bäcker wurde billiger.

Diese schon fast vergessene Energiewende erfolgte nicht auf kaiserliche Anordnung. **Als alleinige Triebkraft reichte die erhebliche Steigerung der Effizienz einer Wertschöpfungskette aus.** Man hatte sie erreicht, indem man sich von einem stochastisch schwankenden Energieträger mit geringer Energiedichte verabschiedete und stattdessen auf eine stets verfügbare Energiequelle mit unvergleichlich höherer Energiedichte setzte. Die Folge dieser dezentral von vielen Menschen getroffenen Entscheidung war ein **Wohlstandswachstum** der gesamten Gesellschaft, von dem wir heute noch zehren.

Die heutige Energiewende ist die Umkehrung des damaligen Prozesses: Wir verabschieden uns von gesicherten Energieträgern mit hoher Energiedichte und setzen wieder auf schwankende Energien, die über riesige Flächen eingesammelt werden müssen. Als Triebkraft wirkt dabei nicht die Steigerung von Effizienz und Wohlstand, sondern ausschließlich die Politik. Nur aufgrund der zu bezweifelnden Behauptung, damit könne das Klima gerettet werden, hat sie ein „**Große Transformation**" **[25]** genanntes Gesellschaftsexperiment

mit dramatischen Auswirkungen auf fast alle Bereiche von Wirtschaft und Technik angeordnet. So ist beispielsweise das **Ende des Verbrennungsmotors kein normaler „Strukturwandel"** – es wurde durch die willkürliche Vorschrift angeordnet, dass er nur noch 59,4 Gramm CO_2 pro Kilometer ausstoßen darf (ab 2030), was schlicht unmöglich ist. Besonders betroffen ist allerdings unser Stromnetz wegen der Gefahr eines Blackouts. Weil bei der Großen Transformation spontan wirkende Triebkräfte durch politische Entscheidungen ersetzt werden, ist leicht einzusehen, dass **der Qualifikation politischer Entscheidungsträger eine herausgehobene Bedeutung zukommt.** Vor allem sollte sie bei Politiker*innen der Partei DIE GRÜNEN zweifelsfrei vorhanden sein, denn sie treiben die vorbeschriebene Entwicklung direkt und indirekt maßgeblich voran. Mit Widerspruch seitens der Industrie müssen sie übrigens kaum noch rechnen, denn deren Repräsentanten haben sich dem politisch-medialen Druck bereits gebeugt. So ließ Uniper-Vorstandschef Schierenbeck in dem unter Punkt 4.7 erwähnten Interview **[20]** den bemerkenswerten Satz fallen: ***„Es geht vor allem um Haltung."***

Wie sieht es nun mit Sachkenntnis gerade bei grünen Spitzenpolitiker*innen aus? Dazu nachstehend ein besonders eindrucksvolles Beispiel!

Die Parteivorsitzende der Grünen, **Annalena Baerbock**, gab im Januar 2018 dem Deutschlandfunk ein bemerkenswertes Interview, aus dem die nachstehenden Fragen und Antworten stammen:

DF: *Ein beliebtes Argument der Gegner eines schnellen Kohleausstiegs lautet ja immer wieder, dass man sagt, wenn Deutschland allzu schnell aus der Kohle aussteigt, sind wir im Zweifel an Tagen, wo nicht genug Sonne und Wind herrscht, angewiesen auf Stromimporte aus dem Ausland, sprich Atomstrom zum Beispiel aus Frankreich. Wie wollen Sie dieses Argument entkräften?*

Baerbock: *Natürlich ist es so, dass Versorgungssicherheit und Klimaschutz Hand in Hand gehen müssen. Genauso wie die Frage „soziale Absicherung der Beschäftigten".*

DF: *Aber wie denn, Frau Baerbock?*

Baerbock: *Das ist ein Dreiklang. Und es ist aber so – und das ist einfach Fakt, da kommt man nicht drum herum – wir haben massiv Stromexporte. Wir exportieren ein Zehntel unseres Stroms ins Ausland, in andere Länder. Die osteuropäischen Staaten haben schon gesagt: ‚So geht das nicht weiter, ihr verstopft unsere Netze.' **Deswegen haben wir gesagt, diese zehn Prozent Export die können wir an Kohle vom Netz nehmen.** Und natürlich gibt es Schwankungen. Das ist vollkommen klar. An Tagen wie diesen, wo es grau ist, da haben wir natürlich viel weniger erneuerbare Energien. Deswegen haben wir Speicher. **Deswegen fungiert das Netz als Speicher. Und das ist alles ausgerechnet. Ich habe irgendwie keine wirkliche Lust, mir gerade mit den politischen Akteuren, die das besser wissen, zu sagen, das kann nicht funktionieren.*** (Hervorhebung durch den Autor)

Ganz offenbar weiß Frau Baerbock nicht, dass **Deutschland nur zu den Zeiten Strom exportiert, in denen Windräder und Solaranlagen Leistung erbringen, die gar nicht benötigt wird.** Deshalb zehn Prozent der gesicherten Energie permanent vom Netz zu nehmen, wäre geradezu ein Schildbürgerstreich.

Wenn man sich der Aussage von Frau Baerbock: ***„Deswegen fungiert das Netz als Speicher."*** geistig nähern will, drängt sich zunächst die Frage nach dem Sinn von ***„Deswegen"*** auf. Die

Antwort findet sich zwei Sätze zuvor: „Weil es an grauen Tagen viel weniger erneuerbare Energien gibt." Es darf jedoch bezweifelt werden, dass sich das Stromnetz durch graue Tage dazu bewegen lässt, seine grundlegenden physikalischen Eigenschaften zu ändern. Denn genauso wie ein Zugseil an einem Aufzug, das nach einem Ausfall des Antriebs die Kabine nicht eigenständig hochziehen kann, ist das Stromnetz eine reine Übertragungseinrichtung für Energie und kann diese nicht speichern, um sie im Falle eines Blackouts zur Verfügung zu stellen.

Es ist dem Autor nicht bekannt, dass sich Frau Baerbock inzwischen von obigen Aussagen, zu deren Diskussion sie ***„keine wirkliche Lust hat, mir gerade mit den politischen Akteuren, die das besser wissen, zu sagen, das kann nicht funktionieren."*** distanziert hätte.

Waren die Antworten der Parteivorsitzenden im Interview mit dem DF eine singuläre intellektuelle Entgleisung? Wohl kaum. Im Sommer-Interview der ARD vom 29. Juli 2019 verblüffte sie die Zuschauer mit der Äußerung: *„So Fragen wie Rohstoffe, **Kobold**, wo kommt das eigentlich her"* **[26]**. Kobold statt Kobalt – nur ein Versprecher? Frau Baerbock legte nach und behauptete über China: *„Da gibt es Batterien, die auf **Kobold** verzichten können"*. Dieser kurze Satz enthält gleich zwei Fehler, denn die Batterien ohne Kobalt werden nicht in China, sondern von Panasonic in Japan produziert.

Aber Frau Baerbock steht mit ihren Wissenslücken und realitätsfernen Vorstellungen nicht allein. **Cem Özdemir** verwechselte in seinem **„Gigabyte"-Interview** zur Stromproduktion aus dem Jahre 2011 nicht nur die Maßeinheiten Gigawatt für Leistung und Gigabyte für Datenmenge; er postulierte auch einen völlig falschen Zahlenwert von **140** „Gigabyte", die in Deutschland an Leistung erzeugt werden könnten. Und bei der **„Kugel Eis"**, die der ehemalige Bundesumweltminister **Jürgen Trittin als monatliche Kosten der Energiewende** für Haushalte prophezeite, hatte er sich ungefähr um den Faktor 100 geirrt.

Doch naturwissenschaftlich-technische Unwissenheit und haarsträubende Fehlprognosen sind keine exklusive Domäne der Grünen. Nachdem das ursprüngliche Ziel der Bundesregierung, im Jahr 2020 auf deutschen Straßen eine Million B**atterieautos** rollen zu lassen, mit einer derzeitigen Stückzahl von 83.000 verfehlt wurde, will Verkehrsminister Scheuer (CSU) ihre Zahl bis **2030 auf 10 Millionen** zzgl. einer halben Million batteriegetriebener Nutzfahrzeuge steigern (s. auch Punkt 4.7.1). Allein die Schaffung der dafür erforderlichen Ladestruktur ist eine Generationenaufgabe. Wer soll solche Phantastereien noch ernst nehmen?

Doch **welcher Grad von Unwissenheit bei Politiker*innen**, die in Regierungsverantwortung stehen oder eine solche anstreben, **ist noch tolerabel?** In Anbetracht des menschlichen Leids und der gigantischen materiellen Verluste, die ein langdauernder und großflächiger Stromausfall mit sich bringen würde, müssen der Toleranz Grenzen gesetzt werden. Und so ist es wohl weniger riskant, ahnungslosen Politiker*innen ein Verteidigungsministerium anzuvertrauen als die Verantwortung über unser Stromnetz. Zumindest, solange Deutschland nicht auf die Idee kommt, Krieg zu führen.

5. Schwarze Schwäne und die Truthahnillusion

In der Broschüre des BBK **[2]** wird gleich zu Anfang anhand der in Bild 15 wiedergegebenen Grafik erläutert, dass Deutschlands Stromversorgung europaweit zu den sichersten zählt. Und Jochen Homann, Präsident der Bundesnetzagentur, erklärte am 22.10.2020: *„Die Stromversorgung in Deutschland war auch 2019 sehr zuverlässig. Wir beobachten die niedrigsten Ausfallzeiten seit Beginn unserer Erhebungen. Die Energiewende und der steigende Anteil dezentraler Erzeugungsleistung haben weiterhin keine negativen Auswirkungen auf die Versorgungsqualität.“* Muss man sich angesichts solcher Tatsachen überhaupt noch Gedanken um einen Blackout machen?

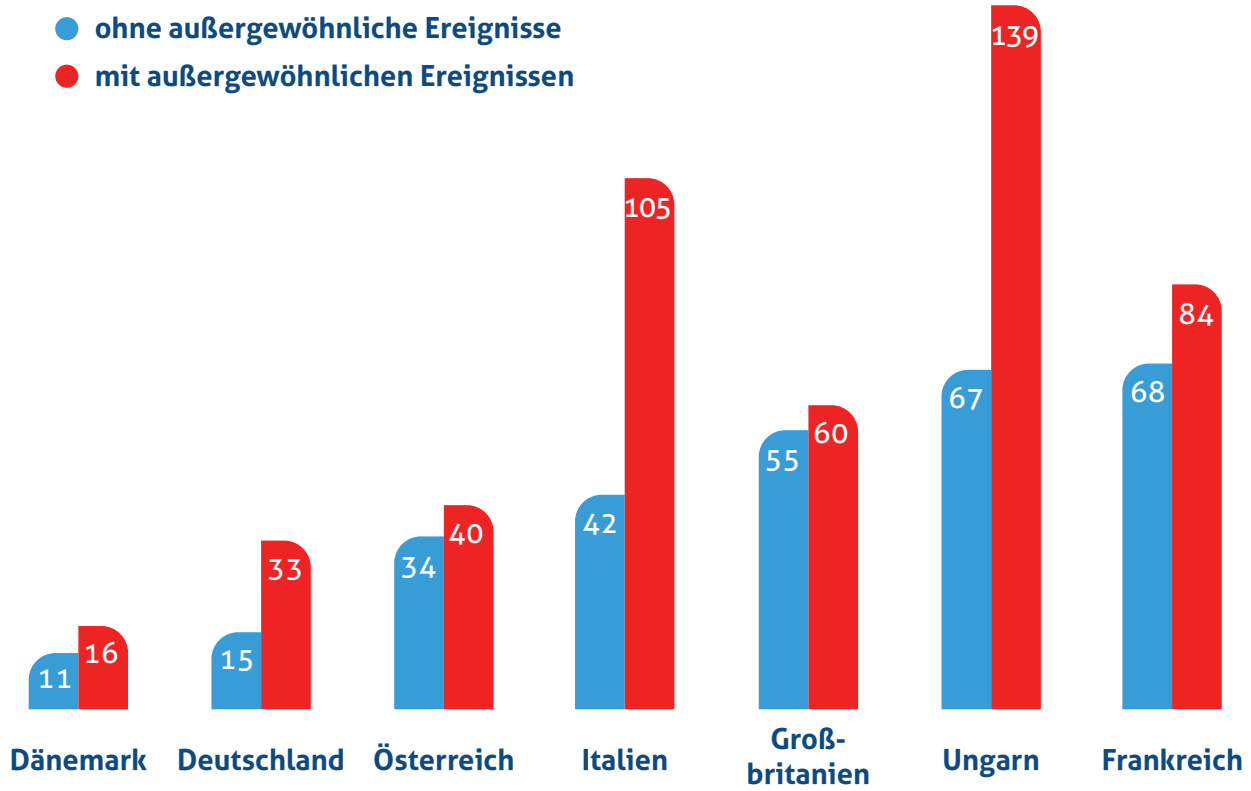


Bild 15: Anzahl ungeplanter Unterbrechungen in den Stromnetzen europäischer Länder
Quelle: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe **[2]**

Die Frage führt uns zum Begriff des „Schwarzen Schwans“, der in der Natur extrem selten ist, aber immerhin vorkommt. Seit dem 2007 erschienenen Buch des Börsenhändlers und Publizisten Nassim Nicholas Taleb „Der Schwarze Schwan: Die Macht höchst unwahrscheinlicher Ereignisse“ **[27]** hat sich dieser Begriff als Bezeichnung für Ereignisse eingebürgert, die wegen ihrer geringen Eintrittswahrscheinlichkeit üblicherweise gar nicht in Betracht gezogen werden. Das Erscheinen eines Schwarzen Schwanes widerlegt alle Prognosen und trifft uns üblicherweise völlig unvorbereitet, weil wir immer wieder der „Truthahn-Illusion“ erliegen, die durch Bild 16 veranschaulicht wird.

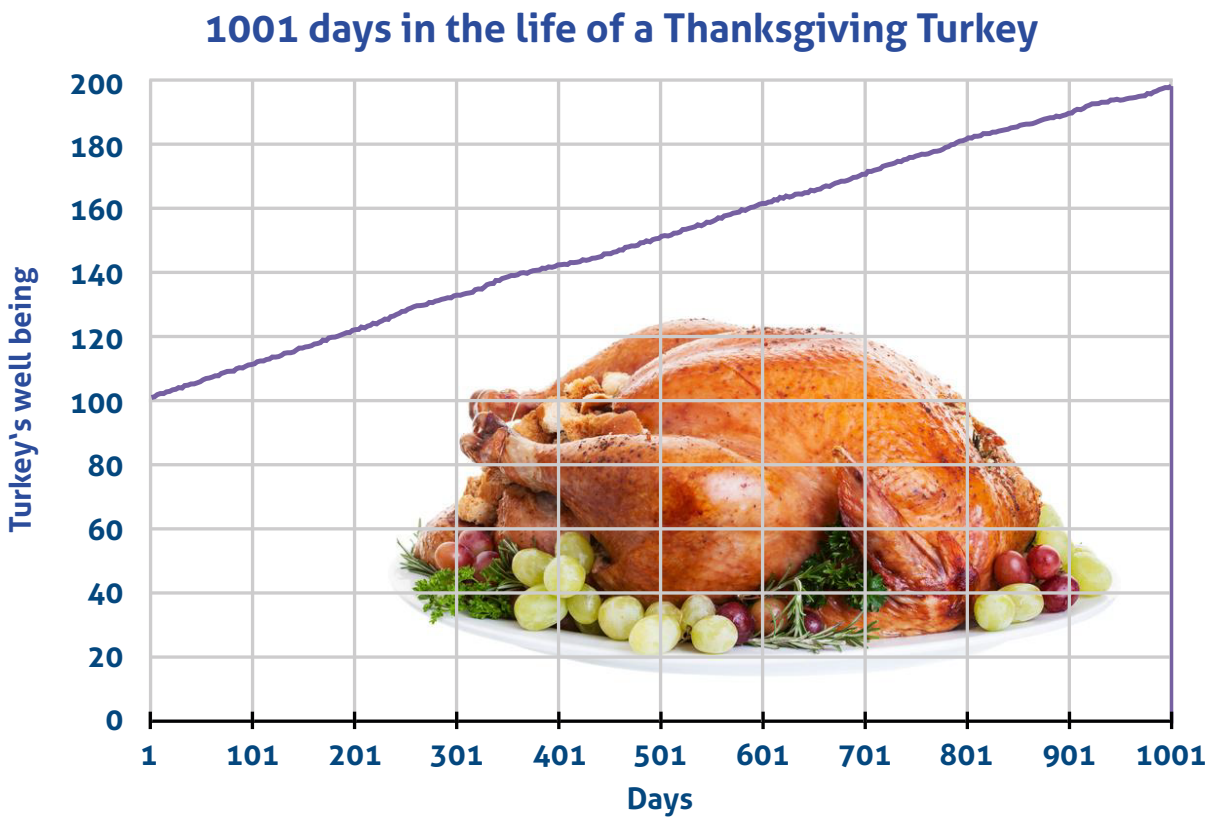


Bild 16: 1001 Tage im Leben eines amerikanischen Truthahns bis zum Thanksgiving-Day
Quelle: Nasim Taleb, The Black Swan

Mit jedem Tag, den der Truthahn gefüttert und umsorgt wird, steigt seine Gewissheit, dass dies auch so bleibt. Für ihn ist ausgerechnet am Tag vor der Schlachtung die Wahrscheinlichkeit weiteren Wohlergehens am größten. Wir erliegen der gleichen Illusion häufig bei der Beurteilung sehr **komplexer Systeme**; ein Beispiel ist das weltweite Finanzsystem. In diesem System ereignete sich 2008 nach vielen Jahren ungebrochener Prosperität gänzlich unvermutet eine Krise, die es fast völlig zum Absturz gebracht hätte. Komplexe Systeme weisen besondere Eigenschaften auf, welche ihre Steuerung erschweren und ein komplettes Systemversagen möglich machen **[28]**. Es sind dies:

- lange **Ursache-Wirkungsketten**,
- **Rückkopplungen**, die zu schwer durchschaubarer **Eigendynamik** führen können,
- **zeitverzögerte Wirkung von Eingriffen,**
- **kleine Ursachen, die große Wirkungen entfalten (Schmetterlingseffekt),**
- mögliche **Irreversibilität von Eingriffen**.

Daraus resultieren mögliche Konsequenzen:

- **einfache Ursache-Wirkungszusammenhänge sind nicht mehr gegeben; es entsteht die Gefahr einer Übersteuerung**,
- es entstehen indirekte, **kaum abschätzbare Wirkungen**, die durch etablierte Risikobewertungsmethoden nicht erfasst werden,
- es kommt zu **Domino- und Kaskadeneffekten**, deren negative Folgen mit dem Umfang der Vernetzung zunehmen,
- Die **Steuerbarkeit des Systems wird signifikant erschwert und geht im Extremfall völlig verloren.**

Ein Beispiel zur Auswirkung der vorbeschriebenen Phänomene auf das Stromnetz ist der unter Punkt 4.4 beschriebene europaweite Blackout vom 4.November 2004, der erst Jahre später durch das Braess-Paradoxon erklärt werden konnte. **Gerade im Fall unseres Stromnetzes sollten wir die Existenz Schwarzer Schwäne für möglich halten und nicht der Truthahn-Illusion unterliegen.**

6. Vorsorge vor einem Blackout

Das schon auf Seite 2 dieser Broschüre zitierte Fazit aus der 2013 herausgegebenen Schrift des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe: „Kapazitäten der Bevölkerung bei einem Stromausfall, Empirische Untersuchung für das Bezugsgebiet Deutschland" lautet:

„Entweder lebt die Bevölkerung bewusst mit dem Restrisiko einer eingeschränkten bzw. fehlenden Versorgung im Falle eines lang anhaltenden flächendeckenden Stromausfalles, oder aber sie ergreift selbst Maßnahmen, um ein solches Risiko abzuwenden."

Die Wahl des Begriffs „Restrisiko" stellt dabei eine schwer erträgliche Bagatellisierung dar, die in krassem Widerspruch zu der vom Bundestagsausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung in **[1]** für einen großflächigen langdauernden Stromausfall gegebenen Aussage steht: **„...ein Kollaps der gesamten Gesellschaft wäre kaum zu verhindern."** Und die Aufforderung an die Bevölkerung, **selbst Maßnahmen zur Abwendung des Risikos zu ergreifen**, klingt in Anbetracht der völlig unzureichenden Mittel, welche dem einzelnen Bürger zur Verfügung stehen, geradezu zynisch. Dennoch liegt es im ureigenen Interesse eines Jeden, sämtliche Möglichkeiten einer Vorsorge auszuschöpfen – auch wenn diese vielleicht für sich genommen marginal erscheinen.

6.1 Trinkwasser

Der Pro-Kopf-Verbrauch von Trinkwasser liegt in Deutschland bei etwa 125 Litern pro Tag. Es wird zum **Trinken, Kochen, Abwaschen des Geschirrs, Duschen, Baden, Zähneputzen, Wäschewaschen** und die **Spülung der Toilette** benötigt. Für den Transport des Trinkwassers im Leitungssystem werden zumeist elektrische Pumpen eingesetzt, die bei einem Blackout natürlich ausfallen. Für eine Notstromversorgung gibt es bei den Wasserversorgern keine einheitliche Regelung – bei Vorhandensein könnte sie die Versorgung mit Trinkwasser für einen Zeitraum sichern, der sich nach Stunden bemisst. Druckerhöhungsanlagen für Hochhäuser fallen sofort aus und sind auch nicht notstromgepuffert. In der Broschüre „Stromausfall – Vorsorge und Selbsthilfe" des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, findet man die weise Empfehlung, sich ***„ausreichende Vorräte an Trinkwasser anzulegen."*** Was ausreichend ist, darf sich der Leser selbst überlegen – wir wollen ihm dabei helfen.

Zunächst sollte er der Frage nachgehen, ob bei ihm überhaupt ein Stromausfall den Ausfall der Trinkwasserversorgung zur Folge hat. Wenn Wasserversorgungsnetze durch natürliches Gefälle betrieben werden, kann das Wasser in den Leitungen grundsätzlich weiter fließen. So zum Beispiel auch in der Stadt Erfurt, die nur 30 Prozent ihres Trinkwassers aus Tiefbrunnen gewinnt und den Hauptteil über die Thüringer Fernwasserversorgung aus der Ohra-Talsperre erhält. Die ebenfalls in Thüringen gelegene Stadt Gera wird dagegen aus Hochbehältern versorgt, welche mittels Pumpen nachzufüllen sind. Grundsätzlich ist

festzustellen, dass die Art und Weise der Versorgung mit Trinkwasser von Ort zu Ort sehr unterschiedlich ist. Das führt zu der

Empfehlung: Fragen Sie schon jetzt bei Ihrem Wasserversorger an, für welchen Zeitraum er bei einem längeren Stromausfall die Versorgung mit Trinkwasser garantieren kann. Sollte er nicht gewillt sein zu antworten, beauftragen sie einen gewählten Stadtverordneten oder Landtagsabgeordneten mit dieser wichtigen Fragestellung.

Wenn die Trinkwasserversorgung vom Stromausfall gar nicht betroffen ist, kann die **Empfehlung des Bundesamtes** zur Bevorratung getrost **ignoriert** werden; anderenfalls sollte man für einen Zeitraum von zehn Tagen Vorsorge treffen. Dabei kann sich wohl kaum jemand einen Notvorrat in Höhe des zehnfachen statistischen Pro-Kopf-Verbrauchs anlegen, was für einen Drei-Personen-Haushalt 3.750 Liter wären. Wirklich überlebensnotwendig ist nur der **Trinkwasserbedarf** von durchschnittlich 2,5 Litern täglich, der auch durch Flaschengetränke gedeckt werden kann. **Wasser zum Kochen** ist nur einzuplanen, wenn stromloses Kochen – z. B. mittels eines Propangaskochers – möglich ist. Dann sollte man für das Kochen und die Reinigung des Geschirrs pro Person und Tag zwei Liter ansetzen.

Empfehlung: Auch wenn die Trinkwasserversorgung weiterläuft, sollten Sie dieses Wasser nicht unabgekocht genießen. Vielfach gehört zur Wasseraubereitung auch eine Desinfektion mit UV-Licht, die bei Stromausfall nicht mehr funktioniert.

Empfehlung: Sie können das Wasser für die Geschirrreinigung sparen, wenn Sie sich mit Einweggeschirr bevorraten.

Zähneputzen dürfte mit einem halben Liter und eine **notdürftige** tägliche **Körperreinigung** mit einem Liter möglich sein.

Empfehlung: Mit einem Vorrat an Einweghandschuhen und Hygienetüchern kann Wasser für die Reinigung der Hände gespart werden.

Mit dem Verzicht auf das Waschen von Wäsche ergibt sich für volle 10 Tage und einen **Drei-Personen-Haushalt ein notwendiger Wasservorrat von 170 Litern.** Wenn wenigstens für die ersten 48 Stunden vom Wasserversorger noch Trinkwasser garantiert werden kann, vermindert sich diese Menge auf 136 Liter.

Haben Sie ein Haustier?

Empfehlung: Wenn Sie ein Haustier besitzen, vergessen Sie bei der Planung des Wasser-Notvorrats dessen Bedarf nicht.

Unbeachtet blieb bislang die Toilettenspülung – dazu mehr unter Punkt 6.2. Aber auch die ständige Bevorratung von 170 oder 136 Liter Trinkwasser (und deren regelmäßige Erneuerung) in einer kleinen Wohnung ist eine Zumutung. Kann man, um ihr aus dem Wege zu gehen, an eine Nutzung eines der Trinkwasser-Notbrunnen Deutschlands im Falle eines Blackouts denken?

6.1.1 Trinkwasser-Notbrunnen

Es gibt in Deutschland etwa 4.800 leitungsunabhängige Trinkwasser-Notbrunnen, die sich fast ausschließlich in Ballungsgebieten befinden **[31]**. In **[31]** lesen wir auch: *„Eine Aufbereitung des Brunnenwassers im eigentlichen Sinne findet nicht statt. Im Bedarfsfall erfolgt lediglich eine **Desinfektion mit Chlortabletten**, welche für alle Brunnen vorgehalten werden."* und *„Die Nutzung im Katastrophenfall ist vom Amtsarzt freizugeben"*. Viele dieser Brunnen dürften im Ernstfall über keine ausreichende Schüttung verfügen, wie der Kommentar zu Bild 17 zeigt. Außerdem müsste man für eine Nutzung des Brunnens dessen Lage kennen, um mittels Schubkarre, Handwagen oder auch Fahrrad von ihm Wasser zu holen – eine Versorgung in der Fläche durch Behörden ist undenkbar. Kann man die Lage des nächsten Notbrunnens rechtzeitig in Erfahrung bringen? Unter **[32]** ist nachzulesen, wie im März 2020 eine entsprechende Anfrage an die Wasserbehörde Stuttgart ausging: Die Auskunft wurde mit der Begründung verweigert, dass die Information für Sabotage oder einen terroristischen Angriff auf die Trinkwassernotbrunnen genutzt werden könnte.

Bild 17: Brunnen mit Schwengelpume, wie er u. a. in Magdeburg und Berlin als Notbrunnen deklariert ist. Mit einer Förderleistung von ca. 1.200 Liter pro Stunde könnte er innerhalb von 12 Stunden den Minimalbedarf von 900 Menschen decken. Sein Versorgungsgebiet dürfte wohl die zehnfache Einwohnerzahl enthalten. Quelle: ***[31]***

Empfehlung: Ziehen Sie die Nutzung eines Trinkwasser-Notbrunnens gar nicht erst in Betracht.

6.2 Die Toilette...

Die Patentanmeldung für ein Wasserklosett durch den englischen Erfinder Alexander Cumings im Jahre 1775 war eine Revolution der Toilettenhygiene, der wir übrigens einen großen Teil unserer gestiegenen Lebenserwartung verdanken. Auch wenn moderne Toiletten nicht mehr 10 bis 16 Liter Wasser für einen einzigen Spülvorgang verschwenden, wie die Spülkästen früherer Jahrzehnte, sind es immer noch 6 bis 8 Liter für das große Geschäft und 3 bis 5 Liter mit der Spartaste für das kleine. Für den unter 6.1 bereits erwähnten Drei-Personen-Haushalt lässt sich ein täglicher Spülbedarf von mindestens 57 Litern abschätzen, was eine Bevorratung mit 570 Litern Brauchwasser nahelegt, die unter normalen

Wohnverhältnissen illusorisch ist. Was kann man tun? Der größte Teil des Trinkwassers lässt sich nach seiner Verwendung auffangen und zur Spülung der Toilette einsetzen. Das könnten bis zu 140 Liter sein.

Empfehlung: Halten Sie Eimer für das Auffangen von benutztem Trinkwasser bereit.

Für die Deckung des Defizits könnten Sie während des Blackout Brauchwasser heranschaffen, wenn fußläufig welches erreichbar ist.

Empfehlung: Prüfen Sie schon jetzt, ob sich in der Nähe Ihrer Wohnung ein Bach oder stehende Gewässer befinden, aus denen Wasser geschöpft werden kann.

Wenn diese Suche ergebnislos verläuft, gibt es noch eine weitere Möglichkeit der Gewinnung von Brauchwasser. In die Fallrohre der Dachentwässerung lassen sich verschließbare Regenwasserklappen einsetzen, wie sie Bild 18 zeigt.

Bild 18: Regenwasserklappe aus Zink, Preis: ca. 15 €

Empfehlung: Prüfen Sie bereits jetzt die Möglichkeiten, eine solche Regenwasserklappe in ein stark mit Niederschlagswasser beaufschlagtes Fallrohr einbauen zu lassen.

Damit können – wenn es regnet – in Abhängigkeit von der Dachfläche nennenswerte Mengen an Brauchwasser aufgefangen werden. Bei Mietverhältnissen sollte die Genehmigung des Hauseigentümers eingeholt werden. Und was kann man noch tun, wenn alle diese Behelfe unmöglich sind? Der Verzicht auf Spülung nach dem kleinen Geschäft hilft ein wenig; auf die ultima ratio wird im nächsten Punkt eingegangen.

6.3 ...und das Abwasserproblem

Von einem Blackout ist die Abwasserversorgung in zweifacher Weise betroffen: Zum einen fallen **Schmutzwasserpumpen und Hebeanlagen**, die zur Überwindung von Höhenunterschieden eingesetzt werden, sofort aus. Zum anderen **fließt nach einiger Zeit das** mit Exkrementen beladene **Abwasser** auf den Gefällestrecken **nicht mehr**, weil zu wenig

Spülwasser in das Kanalsystem eingebracht wird. Das führt relativ rasch zu Staus in den Kanälen und in der Folge zum Schließen von Rückschlagventilen in den Abwasserleitungen der Häuser. Dann kann nichts mehr aus den Häusern abgeführt werden. Bei weiterer Nutzung der Toiletten tritt Schmutzwasser zuerst in den Kellern aus und schließlich laufen die Toiletten in den Geschossen über – Wohnungen werden unbewohnbar.

Empfehlung: Stellen Sie beim ersten Anzeichen einer Verstopfung in den Abwasserleitungen jegliche Nutzung der Toiletten sofort ein.

Dies ist der Zeitpunkt, zu dem Menschen beginnen, ihre Notdurft irgendwo im Außenbereich zu verrichten – Not kennt kein Gebot. Doch wenn man sich an einer solchen Verschmutzung des Außenbereichs nicht beteiligen will, gibt es die oben erwähnte ultima ratio:

Empfehlung: Legen Sie sich einen ausreichenden Vorrat an stabilen Müllbeuteln sowie geruchsdicht schließende Verschlussklemmen an. Nach dem Ende des Blackouts dürfte es Möglichkeiten einer Entsorgung dieser Nottoiletten geben.

Es sei noch erwähnt, dass die Kläranlagen, die zu den größten kommunalen Energieverbrauchern zählen, vom Stromausfall in besonderer Weise betroffen sind. Ihr Abwasser fließt dann ungeklärt in die Vorfluter und verunreinigt Kanäle und Flüsse – mit entsprechenden Folgen für Fauna und Flora.

6.4 Lebensmittel...

Wenn nach einem Blackout Strom und Trinkwasser wieder zur Verfügung stehen, kann noch nicht mit einer funktionierenden Lebensmittelversorgung gerechnet werden. Supermärkte sind leer – durch freiwillige Abgabe der Waren oder durch Plünderung; Kühllager müssen von den darin verdorbenen Lebensmitteln befreit werden; in Geflügelfarmen und Mastbetrieben stapeln sich die Tierkadaver; vom Milchkuhbestand hat nur ein verschwindend kleiner Teil überlebt. Deshalb sollten Lebensmittel für einen größeren Zeitraum bevorratet werden als für das Wasser – mindestens zwei Wochen. Die Frage, aus welchen Lebensmitteln sich der Vorrat zusammensetzen sollte, wird im Internet vielfältig und ausführlich beantwortet. Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft stellt sogar einen **Vorratskalkulator** zur Verfügung, mit dessen Hilfe man den Lebensmittelbedarf für einen Zeitraum bis zu 28 Tagen und eine Personenzahl bis 99.999 berechnen kann. Diesen Kalkulationen (die alle ein wenig reichlich erscheinen) soll hier keine weitere gegenübergestellt werden. Stattdessen folgen Empfehlungen für Maßnahmen, die dem Autor nützlich erscheinen.

Empfehlung: Ein Teil der eingelagerten Lebensmittel sollte aus Dauerkonserven mit einer Haltbarkeit von mindestens 10 Jahren bestehen. Diese, bei Spezialanbietern (wie Feddeck Dauerwaren GmbH, Hildesheim) erhältlichen Konserven müssen nicht in vergleichsweise kurzen Zeiträumen umgewälzt werden.

Empfehlung: Lagern Sie nach Möglichkeit Lebensmittel ein, die in Ihren üblichen Speiseplan passen. Das macht das Umwälzen nach Ablauf der Haltbarkeitsdauer angenehmer.

Tierische Schädlinge sind für Lebensmittel mit Langzeitlagerung eine oft unterschätzte Gefahr. Mehlmilben und Brotkäfer als die bekanntesten unter ihnen können eine breite Palette von stärkehaltigen Produkten in kurzer Zeit unbrauchbar machen.

Empfehlung: Verstauen Sie sämtliche in Tüten oder Schachteln (gleich aus welchem Material) verpackten Lebensmittel unmittelbar nach dem Kauf in luftdicht verschließbaren Plasteboxen.

6.5 ...und wie man sie zubereitet

Sogar, wenn man bereit ist, während eines Blackout ausschließlich „aus der Büchse" zu leben, braucht man zu deren Erwärmung einen Kocher. Campingausrüster bieten Kocher an, die entweder mit Gas oder mit Benzin bzw. Spiritus betrieben werden können. Doch ihre Handhabung ist nicht sehr komfortabel, und zur Versorgung einer ganzen Familie sind sie wenig geeignet.

Empfehlung: Zur vorsorglichen Absicherung des Kochens empfiehlt sich die Anschaffung einer 11 Liter-Propangasflasche mit zugehörigem Druckminderer und eines zweiflammigen Gaskochers.

Die Flaschenfüllung dürfte bei sparsamem Verbrauch für einen Zeitraum von zehn Tagen reichen. Es gibt jedoch auch Möglichkeiten, bei der Speisenzubereitung Gas zu sparen.

Empfehlung: Das Einweichen trockener Hülsenfrüchte vor dem Kochen senkt den Energiebedarf erheblich. Kartoffeln, Reis oder Gemüse kann man in Wasser nur aufkochen und den heißen Topf in eine dicke Decke wickeln, in der sie dann fertiggaren – eine in früheren Zeiten weit verbreitete Methode.

Das bereits unter Punkt 1 erwähnte „Notfallkochbuch" des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, dessen Rezepte nicht nur ohne Strom, sondern sogar ohne Leitungswasser auskommen sollen, lässt noch auf sich warten; der Einsendeschluss für Rezeptvorschläge aus der Bevölkerung wurde vom 31. Mai 2020 auf den 31. August verschoben. Doch in diesem Jahr erschien ein Kochbuch für Notfall und Krise **[33]**, welches allerdings nicht den Anspruch erhebt, bei seinen Rezepten ohne Wasser auszukommen. Dafür bietet es einen sehr detaillierten Vorrats- und Speiseplan für 28 Tage sowie allerlei kleine Tipps.

6.6 Kann man auf die Zivile Notfallreserve setzen?

Bei Wikipedia lesen wir: *„Die Zivile Notfallreserve der Bundesrepublik Deutschland dient der Versorgung der Bevölkerung mit Grundnahrungsmitteln im Krisenfall. Dieser Notvorrat soll eine tägliche Mahlzeit während kurzfristiger Engpässe von bis zu mehreren Wochen Dauer ermöglichen."* Ein wahrlich hoher Anspruch! Die Zivile Notfallreserve ist ein Erbe des Kalten Krieges und lagert an ca. 150 geheimen Standorten, die sich vorrangig an den Rändern von Ballungsgebieten befinden, **Lang- und Rundkornreis sowie Erbsen und Linsen** ein. Außerdem sollen Kondensmilch und Vollmilchpulver bei den Herstellern bereitstehen. Daneben gibt es zur Versorgung mit Mehl und Brot noch die Bundesreserve Getreide, die aus Weizen, Roggen und Hafer besteht. Beide Reserven umfassen zusammen etwa 800.000 Tonnen Lebensmittel (ca. 9,7 kg/Bundesbürger).

Es ist geplant, im Krisenfall die Vorräte nicht zu verteilen, sondern in öffentlichen Küchen für die Bevölkerung aus dem Lang- und Rundkornreis sowie Erbsen und Linsen Mahlzeiten zuzubereiten. Bei einem Blackout ist dieser Plan illusorisch. Und auch eine alternative Verteilung der Nahrungsmittel in der Fläche kann nicht stattfinden.

Empfehlung: Ziehen Sie die Nutzung der Zivilen Notfallreserve im Falle eine Blackout gar nicht erst in Betracht.

6.7 Licht im Dunkeln

Was tun, wenn plötzlich in der Wohnung alle Lampen erlöschen? Irgendwo wird sich sicher eine Taschenlampe finden lassen, doch diese deckt keinesfalls den Bedarf an Beleuchtung und brennt außerdem – ob aufladbar oder mit Batterie – nur wenige Stunden. Danach sind Alternativen gefragt. Als erste bietet sich die Kerze an, wie sie von den Römern schon im zweiten Jahrhundert in der Variante der Bienenwachskerze erfunden wurde und bis zum Ende des 18. Jahrhunderts die einzige Lichtquelle innerhalb von Gebäuden war.

Doch im 19. Jahrhundert trat ein überlegener Beleuchtungskörper seinen Siegeszug in Europa und Amerika an: heller und kostengünstiger als die Kerze, einfach in der Handhabung sowie bei richtiger Einstellung praktisch rußfrei - die **Petroleumlampe**. Nachdem eine ganze Reihe von Innovationen in ihre Komponenten Brenner, Glaszylinder und Docht geflossen waren und man die Teile aufeinander abgestimmt hatte, erhellten diese Lampen millionenfach die Haushalte in Deutschland. In ihrer manchmal sehr aufwändigen handwerklichen Ausführung wurden sie zu einem Teil der bürgerlichen Wohnkultur. All diese Eigenschaften sprechen dafür, sie als Notbeleuchtung beim Stromausfall in Betracht zu ziehen – vorher können sie als Dekoration in der Wohnung dienen. Man muss solche Lampen nicht beim Antikhandel erwerben, sondern kann sie auch nagelneu kaufen.

Empfehlung: Kaufen Sie sich ein paar neue, schöne Petroleumlampen mitsamt eines Vorrats an Lampenöl.

Doch was für eine Lampe? Die einzelnen Typen unterscheiden sich durch die Art des Brenners und des Zylinders. Bei den Brennern gibt es drei Bauformen für unterschiedliche Helligkeiten: Flachbrenner, Runddochtbrenner (Kosmosbrenner) und Flammscheibenbrenner (Idealbrenner, Matadorbrenner). Die größte Verbreitung erfuhr der Runddochtbrenner, der deutlich heller als der Flachbrenner ist und weniger Petroleum als der noch hellere Flammscheibenbrenner verbrauchte.

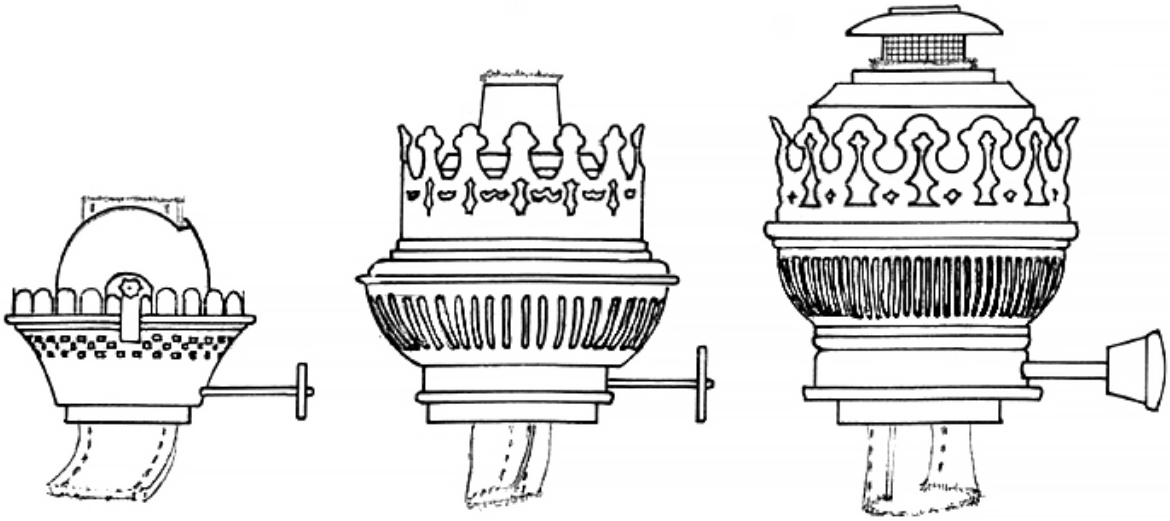


Bild 18: Von links nach rechts steigt die Helligkeit der Brenner: Flachbrenner, Runddochtbrenner und Flammscheibenbrenner. Der Flammscheibenbrenner hat allerdings einen vergleichsweise hohen Verbrauch.

Zu jedem Brenner gehört der passende Zylinder, bei denen man Wiener Zylinder (für Flachbrenner), Kosmos Zylinder (für Runddochtbrenner) und Matador Zylinder (für Flammscheibenbrenner) unterscheidet. Die Wahl eines falschen Zylinders kann zur Zerstörung desselben führen.

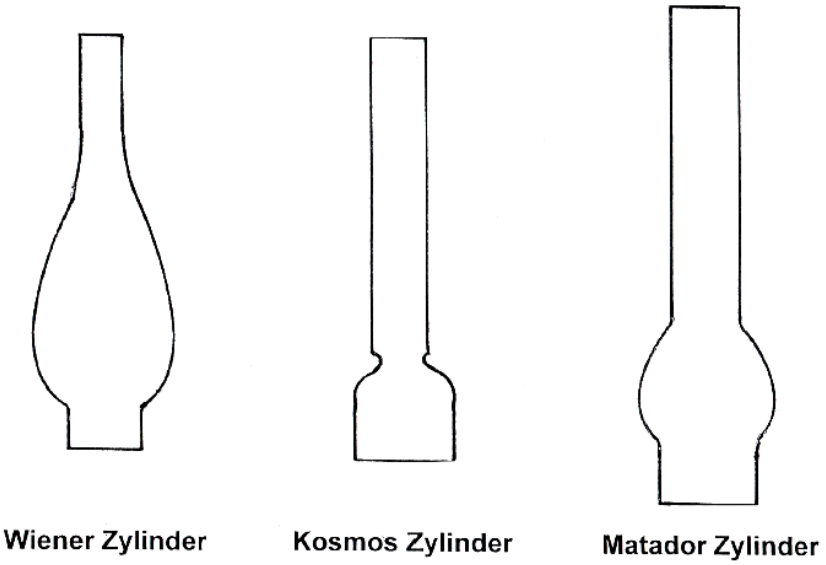


Bild 19: Formen der unterschiedlichen Zylinder

Es sei noch erwähnt, dass die unterschiedliche Größe der Brenner und Zylinder, wie auch die der Dochte, in der Maßeinheit der „Pariser Linie" angegeben wird.

Bild 20: Diese Lampe mit 14-linigem Runddocht-Brenner strahlt mit der Helligkeit von 11 Haushaltskerzen (ca. 10 Lumen). Eine Tankfüllung reicht für 75 Stunden, Quelle: Heinze Metallwarenmanufaktur

Empfehlung: Damit eine Petroleumlampe rußfrei brennt, sollte man nach dem Anzünden fünf Minuten warten, ehe man den Docht auf maximale Lichtstärke einstellt.

6.8 Geld

Bei einem Blackout fallen alle elektronischen Zahlungssysteme aus. Zahlungen mit EC- oder Kreditkarte sind nicht mehr möglich. Den Menschen wird plötzlich bewusst, dass sie nur noch für Bargeld etwas bekommen und versuchen, an den Geldautomaten welches zu ziehen. Doch diese Automaten funktionieren nicht. Ob Bankschalter völlig ohne Strom

eine Bargeldauszahlung vornehmen können, ist zu bezweifeln. Und selbst wenn Bankfilialen noch für ein paar Stunden notstromversorgt sein sollten, werden sie dem Ansturm nicht gewachsen sein und die Höhe der Auszahlungen begrenzen. In dieser Situation kann das Anwachsen einer kollektiven Angst der Kunden zu einem Bankenrun führen, der dann das Schließen der letzten arbeitsfähigen Filialen zur Folge hat.

Empfehlung: Halten Sie ständig zu Hause eine Summe Bargeld in kleinen Scheinen vor. Die Höhe dieser Summe hängt natürlich von Ihren finanziellen Möglichkeiten ab.

6.9 Wird die Heizung bei einem Blackout noch warm?

Raumheizungen mit Öfen, welche mit Holz oder Briketts beschickt werden, sind gefeit gegen einen Stromausfall, doch besitzen sie inzwischen Seltenheitswert. Einer BDEW-Studie zum Heizungsmarkt **[34]** lassen sich die Angaben für eine Abschätzung jenesTeils der Wohnungen entnehmen, in denen es bei einem Blackout in Deutschland unabänderlich kalt wird (s. Bild 22).

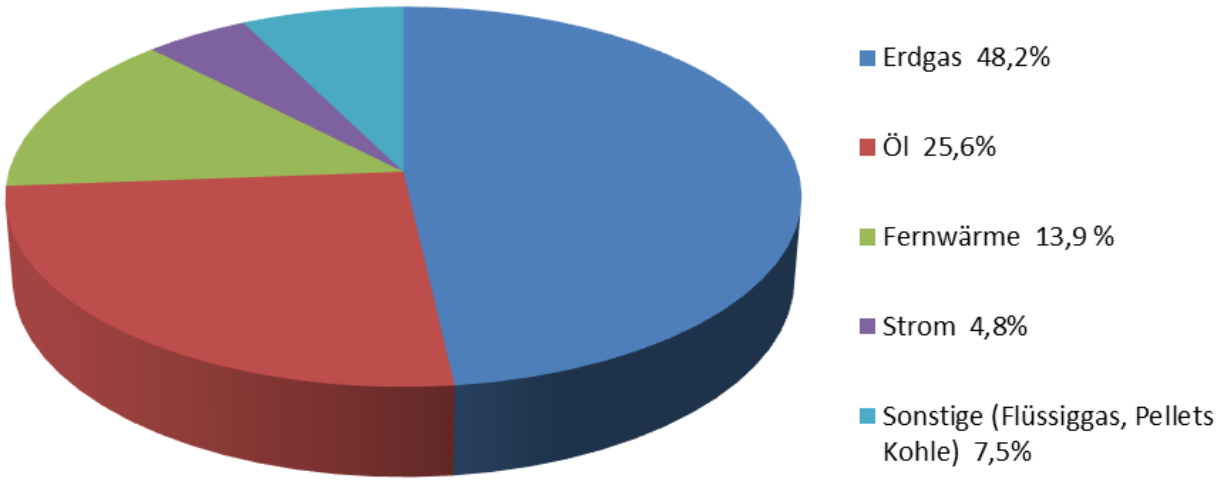


Bild 22: Verteilung der Energieträger auf die Heizungen in Deutschland (nach **[34]***)*

Es steht fest, dass bei einem Stromausfall die drei leitungsgebundenen Heizsysteme mit **Strom, Fernwärme und Erdgas ausfallen**. Erdgas wird nicht mehr zu den Verbrauchern transportiert, weil die Verdichterstationen in den Leitungen für ihren Betrieb auf elektrischen Strom angewiesen sind. Damit werden bereits rund 67% aller Heizungen kalt.

Die Besitzer von Ölheizungen haben sich ja prinzipiell bevorratet und sind damit erst einmal auf einen Zufluss ihres Energieträgers nicht angewiesen. Ähnlich sieht es bei den „Sonstigen" aus. Und doch fallen auch bei ihnen die Heizungen aus. Grund dafür ist die Tatsache, dass es sich bei ihnen praktisch immer um Zentralheizungen mit einer **elektrischen Steuerung** und **elektrischen Umwälzpumpen** handelt. Aber im Gegensatz zu den ersten 67% aller Heizungsbesitzer können die Besitzer von Heizungen mit Vorratshaltung Vorsorge gegen eine kalte Wohnung treffen – durch Anschaffung eines Notstromaggregats.

6.10 Notstromversorgung

Der Gedanke liegt nahe: Wenn kein Strom mehr von außen kommt, erzeugt man halt selber welchen; Notstromaggregate gibt es ja in jedem Baumarkt. Doch vor dem Kauf eines sol-

chen Gerätes sind einige Überlegungen anzustellen – die Gefahr, ein ungeeignetes Gerät zu erwerben ist sonst beträchtlich. Die nachstehenden Ausführungen sollen helfen, einen Fehlkauf zu vermeiden.

6.10.1 Welche Leistung wird benötigt?

Zunächst sollte man sich eine Übersicht darüber verschaffen, welche elektrische Leistung die in der Wohnung/im Haus vorhandenen Geräte aufnehmen. Dazu gibt die folgende Tabelle eine Hilfestellung.

Kochfeld mit 4 Platten	7.500 Watt
Backherd	3.500 Watt
Wäschetrockner	3.000 Watt
Geschirrspüler	3.000 Watt
Wasserkocher	2.500 Watt
Waschmaschine	2.000 Watt
Fön	1.000 bis 2.000 Watt
Kaffeemaschine	800 bis 1.600 Watt
Mikrowelle	1.000 Watt
Musikanlage	bis 1.000 Watt
Spielekonsolen	10 bis 200 Watt
Umwälzpumpen für Heizung (einfache Modelle)	75 bis 245 Watt pro Stück
Umwälzpumpen für Heizung (Energiesparpumpe)	3 bis 18 Watt pro Stück
Steuerung der Heizanlage	ca. 50 Watt
PC	130 Watt
TV (Flachbildschirm)	100 Watt
Laptop	80 Watt
LED-Lampe (entspr. Glühlampe mit 60 Watt)	10 Watt
Ladegeräte für elektrische Zahnbürste, Rasierer	5 bis 10 Watt pro Stück
Pumpe für vollbiologische Kläranlage	1.250 Watt

Für einen langandauernden Stromausfall sollte man keine Notstromversorgung der „Stromfresser" Kochfeld, Backherd, Wasserkocher, Geschirrspüler, Waschmaschine und Wäschetrockner vorsehen. Der Kraftstoffverbrauch eines Notstromaggregats wäre für ihre Nutzung zu hoch, und es gibt Alternativen (s. Punkt 6.5).

Empfehlung: Überlegen Sie sich, welche Geräte im Falle eines Blackout für Sie unverzichtbar sind, und wieviele davon höchstens gleichzeitig in Betrieb wären.

Beispiel: Es soll sich bei dem mit Notstrom zu versorgenden Objekt um ein relativ neues Einfamilienhaus mit vollbiologischer Kläranlage und Ölheizung handeln. Die Heizanlage arbeitet mit zwei Strängen. Die Küche ist u. a. mit Kühlschrank und separatem Gefrierschrank ausgestattet.

Annahmen:

- Der Eintritt des Blackouts erfolgt in der kalten Jahreszeit; damit die Ölheizung weiter arbeitet, müssen die Heizungssteuerung und die Umwälzpumpen in den beiden Heizungssträngen mit Strom versorgt werden.
- Propangas und Kocher sind vorhanden.
- Während des Blackouts wird verzichtet auf die Nutzung von: Backherd, Mikrowelle, Kaffeemaschine, Wasserkocher, Mikrowelle, Fön, Geschirrspüler, Wäschetrockner, Fernseher (kein Bild), Laptop bzw. PC(kein Internet) und Musikanlage.

Unverzichtbare Geräte:

Gefrierschrank	150 Watt
Kühlschrank	120 Watt
2 Umwälzpumpen für die Heizung	20 Watt
Heizungssteuerung	50 Watt
diverse Ladegeräte	40 Watt
LED-Beleuchtung in verschiedenen Räumen	50 Watt
Spielekonsole (zur Beschäftigung der Kinder, falls ohne Internet nutzbar)	80 Watt
Pumpe für die Kläranlage	1.250 Watt
Spielekonsolen	10 bis 200 Watt
Es muss damit gerechnet werden, dass diese Geräte zeitweise alle gleichzeitig arbeiten. Dann beträgt der	
Gesamtbedarf der elektrischen Leistung	**1.760 Watt**

Über welche Leistung muss ein zu diesem Bedarf passendes Notstromaggregat verfügen? Vom Hersteller wird stets die sogenannte **Scheinleistung S** als **Nennleistung** angegeben, die größer ist als die benötigte **Wirkleistung P** (in unserem Beispiel 1,76 Kilowatt) und mit ihr über den Faktor 0,8 zusammenhängt:

$$P = 0{,}8 \cdot S$$

Außerdem empfiehlt es sich, zur Bewältigung sogenannter Anlaufströme noch 20% Leistungsreserve zuzugeben. Das Aggregat für unser Beispielobjekt müsste dann eine Nennleistung von S = 1,76 Kilowatt · 1,25 · 1.2 = 2,64 Kilowatt aufweisen. Doch es gibt noch weitere Dinge zu beachten, auf die im folgenden Punkt eingegangen wird.

6.10.2 Lichtstrom oder Drehstrom?

Moderne Häuser und auch Wohnungen sind grundsätzlich mit Dreiphasenstrom (Drehstrom) versorgt. Das bedeutet: Es werden drei spannungsführende Leiter (Phasen genannt) in den Haus- (Wohnungs-) anschluss geführt, deren Wechselspannungen zeitlich gegeneinander versetzt (phasenverschoben) sind, wie Bild 23 zeigt.

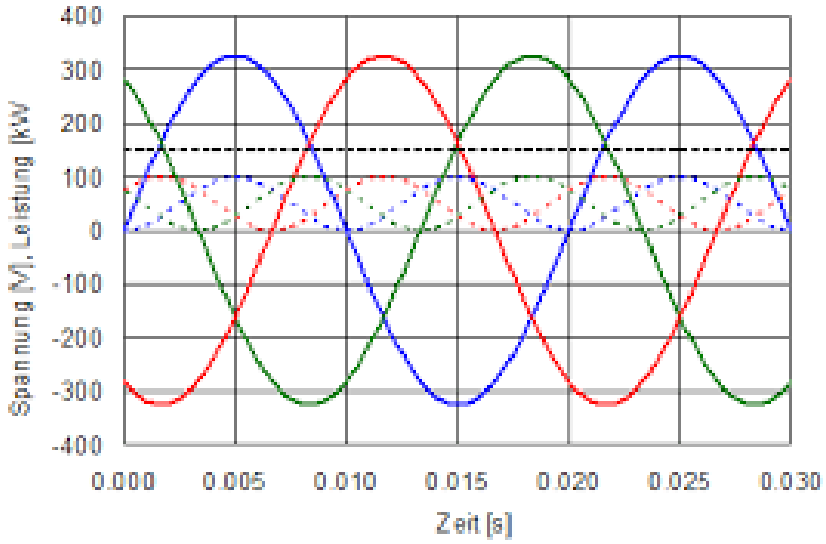


Bild 23: zeitlicher Verlauf der Spannungen in den drei Phasen

Zwischen jeder Phase und dem Nullleiter (Erde) liegt eine Wechselspannung von 220 Volt an; zwischen den Phasen beträgt (wegen der Phasenverschiebung) die Spannung 380 Volt. Die Installation der festverdrahteten Verbraucher und Steckdosen versucht man stets einigermaßen gleichmäßig auf die drei Phasen zu verteilen. **Wenn man bei einem Stromausfall die freie Wahl haben möchte, welche Verbraucher vom Notstromaggregat gespeist werden, wird ein Drehstromaggregat benötigt. Ein Drehstromaggregat ist auch erforderlich, wenn nur ein einziger (beim Stromausfall unverzichtbarer) Verbraucher von drei Phasen gespeist wird, wie das häufig bei Pumpen der Fall ist.** Die Einspeisung in die drei Phasen von Haus oder Wohnung erfordert eine spezielle Installation.

Empfehlung: Lassen Sie von Ihrem Hauselektriker hinter der Hauseingangs- (Wohnungseingangs-) sicherung einen mit der Hand zu bedienenden Drehstromschalter mit den drei Stellungen „Netz", „leer" und „Notstromaggregat" anbringen.

Empfehlung: Bei Stromausfall schalten Sie dann zunächst alle verzichtbaren Verbraucher aus. Danach starten Sie das Aggregat. Anschließend schalten Sie den Schalter von der Stellung „Netz" über „leer" in die Position „Notstromaggregat".

Eine Automatik für die Einschaltung des Aggregats muss bei der Bundesnetzagentur angemeldet werden.

Nach der vorstehenden Erläuterung der Grundbegriffe des Drehstroms müssen wir noch einmal zu unserem **Beispiel** zurückkehren, bei dem wir eine Wirkleistung des Notstromaggregats von 1,76 Kilowatt als ausreichend festgestellt hatten. Wenn es sich bei der Kläranlagenpumpe mit einer Leistung von 1,25 Kilowatt nicht um eine Drehstrompumpe, sondern um eine einphasige (Lichtstrom-) Pumpe handelt, ist eine höhere Leistung des Aggregats erforderlich. In jeder Phase des von uns berechneten Aggregats steht nur ein Drittel der Gesamtleistung, also nur 0,59 Kilowatt zur Verfügung, was für den Betrieb der

Pumpe nicht ausreicht. In Anbetracht solcher, den Nichtfachmann vermutlich überfordernden Fakten ergeht die

Empfehlung: Lassen Sie sich bei der Auswahl eines Notstromaggregats von der Elektrofachfirma Ihres Vertrauens beraten.

Doch eine Grundsatzentscheidung lässt sich auch ohne Konsultation eines Elektrikers treffen. Wenn Sie während eines Stromausfalls nur wenige Elektrogeräte nutzen wollen, die **sämtlich einphasig (mit normaler Netzschnur) zu betreiben sind** und von denen keines fest verdrahtet ist, können Sie auch ohne weiteren Aufwand ein Kabel mit mehreren Abgängen von einem **einphasigen Notstromaggregat** mit ausreichender Leistung zu diesen Verbrauchern führen.

Empfehlung: Wenn elektronische Geräte betrieben werden sollen, bevorzugen Sie ein Gerät mit AVR-Regelung. Dabei wird die Spannung des Generators unabhängig von der Belastung weitgehend konstant gehalten.

Empfehlung: Wenn Sie ein Aggregat mit Batteriestarter erworben haben, sollten Sie ein passendes Ladegerät für die Erhaltungsladung der Batterie installieren, damit das Gerät stets betriebsbereit ist.

Es versteht sich von selbst, dass die Abgase eines Notstromaggregats so ins Freie abzuleiten sind, dass sie weder eine Gefährdung für Menschen, noch eine Brandgefahr darstellen. Ein Beispiel zeigt Bild 24.

Bild 24: Durchleitung der Abgase eines Dieselaggregats durch eine Laubenwand mittels flexiblem Edelstahl-Abgasschlauch

Von vielen Herstellern der Notstromaggregate wird ein halbjährlicher Probebetrieb unter Last empfohlen. Weil Notsituationen generell geübt werden sollten, legt dies eine weitere Empfehlung nahe.

Empfehlung: Opfern Sie wenigstens einmal einen Tag für eine komplette Notfallübung. Sie ist zwar unbequem, aber lehrreich. Beginnen Sie die Übung am besten an einem Samstagabend und beenden Sie diese am Nachmittag des folgenden Tages.

6.10.3 Benzin oder Diesel?

Mit Benzin betriebene Notstromaggregate kosten deutlich weniger als Dieselaggregate gleicher Leistung. Doch mit ihrem Kraftstoff darf man sich höchstens in einer Menge von 20 Litern in der Garage oder im Keller bevorraten. Bei Diesel sind es 200 Liter. Außerdem ist auch der Kraftstoffverbrauch pro erzeugter elektrischer Kilowattstunde beim Benzin-Aggregat merklich höher als bei einem Dieselgenerator – ein 20 Liter-Kanister ist daher recht schnell leer.

Empfehlung: Die Nutzung eines benzingetriebenen Notstromaggregats sollte nur in Erwägung gezogen werden, wenn damit Verbraucher mit einer geringen Gesamtleistung versorgt werden sollen.

Empfehlung: Um eine längerfristige Stromversorgung – auch mit etwas höheren Leistungen - bei einem Blackout sicherzustellen, ist die Anschaffung eines Diesel-Modells die beste Wahl. Herausgehobene Qualität findet man beim Marktführer PRAMAC.

6.10.4 Kraftstoffe von der Tankstelle sind nicht lagerfähig!

In einem thüringischen Dorf wurde 1985 beim Abriss einer alten Scheune unter Gerümpel ein Fass mit Dieselkraftstoff gefunden, welches noch vor 1945 betankt worden sein musste. Die LPG-Bauern hatten keine Hemmungen, den mindestens 40 Jahre alten Diesel in den Tank eines Traktors vom Typ Belarus zu schütten, der damit klaglos fuhr. Würde man sich heute mit einem 5 Jahre alten Dieselkraftstoff etwas Vergleichbares erlauben, müsste man damit rechnen, dass der Traktor stehen bliebe, weil Zersetzungsprodukte des modernen Kraftstoffs die Düsen in seinem Motor verstopften. Seit dem 1. Januar 2015 gilt die in §37a des Bundes-Immissionsschutzgesetzes geregelte sogenannte Treibhausgasminderungspflicht. Die vom Gesetzgeber für 2015 festgesetzte Treibhausgasminderungsquote (THG-Quote) von zunächst 3,5 % wurde ab dem Jahr 2017 auf 4 % und Anfang 2020 auf 6 % erhöht. Dem Dieselkraftstoff wird deshalb in steigender Konzentration der zumeist aus Raps hergestellte **Biodiesel** in steigender Konzentration beigemischt. Benzin erhält einen Zusatz aus **Bioethanol**, welches hauptsächlich aus den Nahrungsmittelpflanzen Mais, Weizen und Zuckerrüben produziert wird. **Damit sind Benzin und Diesel – vor allem unter Sauerstoffeinfluss – nicht mehr dauerhaft stabil und beginnen nach wenigen Monaten zu zerfallen.** Viele Hersteller garantieren lediglich eine Haltbarkeit von 60 Tagen. Danach beginnt der Kraftstoff sich zu entmischen.

Die Konsequenzen für die Notstromversorgung sind durchaus dramatisch. Eine Untersuchung des Instituts für Wärme und Oeltechnik belegte bereits 2016, dass die zuverlässige Einsatzbereitschaft von mehr als 80 % der untersuchten Netzersatzanlagen aufgrund der Qualitätsminderungen des Kraftstoffs nicht sicher gegeben war. Als Konsequenz aus solchen Untersuchungen wird die Verwendung von schwefelarmem Heizöl anstelle von Dieselkraftstoff empfohlen. Ein Heizöl mit den entsprechenden Qualitätsparametern ist aber in den geringen, für die Bevorratung eines privaten Notstromaggregats erforderlichen Mengen gar nicht erhältlich. Was kann man tun?

Empfehlung: Legen Sie sich – wenn irgend möglich – einen Vorrat von 200 Litern eines extrem lange lagerfähigen Sonderkraftstoffs zu, wie er im Mineralölwerk Georg Oest in Freudenstadt hergestellt und in luftdicht verschlossenen Spezialkanistern angeliefert wird.

6.11 Nutzung der Fotovoltaikanlage beim Blackout?

Derzeit gibt es in Deutschland mehr als 1,7 Millionen Photovoltaik-Anlagen.

1. Frage: Kann man sie bei einem Blackout noch nutzen?
Die Antwort ist: „Nein", denn sie schalten sich sofort ab, wenn es keine Netzspannung gibt, an der sich ihre Wechselrichter bezüglich Frequenz und Phasenlage ausrichten können.

Nun sind einige davon bereits mit Batteriespeichern ausgerüstet, die auch dann noch Strom liefern, wenn keine Sonne mehr scheint.

2. Frage: Liefern diese Speicher auch bei einem Blackout noch Strom?
Auch hier ist die Antwort „Nein", denn auch diese Speicher funktionieren nur mit Netzstrom.

Das führt zur

3. Frage: Gibt es dennoch eine Möglichkeit, aus der PV-Anlage bei Stromausfall Elektroenergie zu beziehen?

Diese Frage kann grundsätzlich mit „Ja" beantwortet werden – Voraussetzung ist die vorherige Umrüstung zu einer **Inselanlage** für eine Netzspannung von 220 Volt oder für Drehstrom. Bei einem Stromausfall lässt sich dann die PV-Anlage auf Inselbetrieb umschalten oder schaltet sogar automatisch um. Spezialisierte Firmen, wie die RCT Power GmbH in Konstanz erbringen die dafür notwendige Komplettleistung.

Empfehlung: Überlegen Sie gemeinsam mit dem Elektroplaner sorgfältig, ob der von Ihrer PV-Anlage erzeugte Strom und die Kapazität des Batteriespeichers ausreichen, um eine sinnvolle Nutzung als Inselanlage zu garantieren.

Grundsätzlich wäre auch der Parallelbetrieb einer PV-Anlage mit einem Notstromaggregat möglich. Technische Voraussetzung ist dabei eine gute Frequenzkonstanz des Aggregats. Jedoch ist eine solche Kombination nicht erlaubt, weil man mit ihr den Strom des Notstromaggregats in das Netz einspeisen könnte.

6.12 Woran man sonst noch denken sollte

- An einen Vorrat Ihrer ständig benötigten **Medikamente** für mindestens zwei Wochen,
- an eine gut ausgestattete **Hausapotheke**, über deren empfehlenswerten Inhalt alle Krankenkassen im Internet Auskunft geben. Bei der Planung ist jedoch zu bedenken, dass die Apotheke in einem Zeitraum mit stark eingeschränkter Hygiene hilfreich sein soll.

Empfehlung: Zur Vorbeugung von Wundinfektionen sollte die Hausapotheke reichlich antiseptische Wundsalben (wie Jodsalbe) enthalten.

- an ein batteriebetriebenes **Radio**
- an genügend **Zündmittel** für Kerzen, Petroleumlampen, Propangaskocher
- an **Toilettenpapier, Feuchttücher** (als Duschersatz), **Küchenrollen** (für die Reinigung benutzten Geschirrs)
- an antibakterielles **Handreinigungsgel**

- an **Tampons, Babywindeln**
- an den Bedarf Ihrer **Haustiere** für mindestens zwei Wochen
- an einen gefüllten **Reservekanister** für Ihr Auto

7. Der Blackout ist eingetreten - oder ist es doch nur eine lokale Störung?

An irgendeinem späten Abend erlöschen in Ihrer Wohnung plötzlich alle Lampen; Fernseher und Radio verstummen. Wenn nur Sie von der Störung betroffen sind, könnte es am Hausanschluss liegen. Sie treten ans Fenster und stellen fest, dass nirgendwo mehr Licht zu sehen ist. Nun haben Sie die prinzipielle Möglichkeit, über www.Störungsauskunft.de in Erfahrung zu bringen, ob es sich nur um eine lokale Störung bei Ihrem Stromversorger handelt. Das Portal lässt sich zwar über Google Internet Explorer nicht anwählen und verlangt Microsoft Edge oder Mozilla Firefox als Browser, doch erfährt man dabei wenigstens, ob das **Internet** noch funktioniert. Sollte dies nicht der Fall sein, müssen Sie von einem großflächigen Stromausfall ausgehen. Auch der Ausfall von **Mobilfunk** oder **Festnetz** kann als ein sicheres Indiz für einen Blackout gelten. Wenn Sie sich rechtzeitig ein batteriebetriebenes Radio zugelegt haben, können Sie jetzt darauf einen Sender suchen, der vermutlich sehr bald sein Programm unterbrechen wird, um über den eingetretenen Blackout zu berichten.

Und wenn sie inzwischen mittels Notstromaggregat Ihren Fernseher in Betrieb nehmen konnten: zappen Sie kurz die Senderfolge durch! Wenn Sie nur noch wenige (notstromversorgte) Sender empfangen, ist auch dies ein untrügliches Zeichen für den Blackout.

7.1 Sofortmaßnahmen...

Was jetzt unverzüglich zu tun ist, hängt von Ihrer persönlichen Situation ab.

Wenn Sie nicht von einer weiteren Versorgung mit Trinkwasser ausgehen können (s. Punkt 6.1)...

Empfehlung: Füllen Sie sofort alle verfügbaren Gefäße und die Badewanne mit Leitungswasser.

Wenn Sie nicht über ein Notstromaggregat verfügen...

Empfehlung: Decken Sie Tiefkühltruhe, Tiefkühlschrank und Kühlschrank mit Bettdecken zu, um deren Erwärmung so lange wie möglich hinauszuzögern.

Wenn Sie über ein Notstromaggregat verfügen...

Empfehlung:
- **Schalten Sie (sicherheitshalber) sämtliche elektrischen Verbraucher aus.**
- **Nehmen Sie das Aggregat in Betrieb.**
- **Schalten Sie die Geräte ein, die jetzt unbedingt laufen sollen.**

7.2 ...und Empfehlungen für längere Dauer des Stromausfalls

Bei längerer Dauer des Stromausfalls ist unausweichlich an die Prognose des Bundestagsausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung zu denken: ***„...ein Kollaps der gesamten Gesellschaft wäre kaum zu verhindern"***. Anders ausgedrückt: Der öffentlichen Ordnung und Sicherheit droht der vollständige Zerfall. Wie schnell sich ein solcher Zerfall vollziehen kann, zeigt das Beispiel des Stromausfalls in New York vom 21. Juli 1977. Er wurde durch zwei Blitzeinschläge verursacht und dauerte nur 25 Stunden. Dennoch war seine Bilanz verheerend **[29]**:

- 9 Millionen Menschen saßen im Dunkeln.
- 1.616 Geschäfte wurden geplündert.
- 1.037 Brände wurden gelegt.
- Es gab Schießereien; 463 Polizisten, 80 Feuerwehrleute und 204 Zivilisten wurden verletzt, zwei Menschen starben.

Die Plünderer rückten mit Schubkarren, Einkaufswagen und Kleinlastern an und griffen sich alles, was nicht niet- und nagelfest war: Fernseher, Kühlschränke, Öfen, Lebensmittel, Windeln, Schmuck, Alkohol, Möbel, Medikamente. Der Gesamtschaden des Blackouts wurde später auf mehr als eine Milliarde Dollar beziffert.

Nun lassen sich New Yorker Verhältnisse nicht eins zu eins auf Deutschland übertragen, doch auch hier ist mit einem Aufflammen der Kriminalität zu rechnen, bei dem man nicht mit Hilfe der Polizei rechnen kann. Wenn nach einigen Tagen die Lebensmittelvorräte bei vielen Menschen aufgebraucht sind, werden marodierende Gruppen auf der Suche nach etwas Essbarem auch in Häuser einbrechen.

Empfehlung: Verlassen Sie Ihr Haus/Ihre Wohnung nur, wenn es unumgänglich ist.

Empfehlung: Versuchen Sie, mit Nachbarn gegenseitige Hilfe und Unterstützung zu vereinbaren.

Empfehlung: Verstecken Sie möglichst den größten Teil Ihrer Vorräte. Ein kleiner Teil könnte als „Opfer" dienen, um aggressive Eindringlinge wieder loszuwerden.

7.3 Horrorvorstellung: im Fahrstuhl ohne Strom

Sind Sie vielleicht schon einmal in einem Fahrstuhl stecken geblieben? Dann wissen Sie, wie die Befreiung aus dieser Situation abläuft: Drücken des Notknopfes, über den eine rund um die Uhr besetzte Notrufzentrale erreichbar ist. Diese ist als Personenbefreiungsdienst gesetzlich verpflichtet, spätestens 30 Minuten nach dem Notruf zwecks Befreiung vor Ort zu sein. Dort kann sie dann entweder durch eine elektrische Rückholsteuerung den Fahrstuhl holen oder ihn „händisch" in die nächstniedrigere Etage ablassen und die Fahrstuhltür öffnen. Das funktioniert bei jeglichem Defekt des Fahrstuhls.

Doch bei einem Blackout ist alles anders, weil der Notruf außer Funktion ist. Vom Personenbefreiungsdienst ist jetzt ein außergewöhnliches Maß an Verantwortungsbewusstsein gefordert: bei allen Fahrstuhlanlagen, für die er verantwortlich ist – und das sind in der Regel sehr viele – selbsttätig zu prüfen, ob Personen darin eingeschlossen sind. Weil ihm die Position des Fahrstuhls unten nicht mehr elektrisch angezeigt wird, muss er die Treppen

hochsteigen, um Eingeschlossene zu finden; wenn es keine gibt, hat er sich trotzdem bis in die oberste Etage zu quälen – auch bei Zwölfgeschossern. Weil wegen der Seltenheit von technischen Fahrstuhldefekten die Personenbefreiungsdienste personell nur sehr sparsam besetzt sind, dürfte das Vorhaben mehrere Tage in Anspruch nehmen.

Für die Eingeschlossenen im Fahrstuhl wird das Ganze rasch zur physischen und psychischen Folter. Nach dem Erlöschen der Innenbeleuchtung sind sie ohne Kontakt mit der Außenwelt in meist völliger Dunkelheit, in einer Ungewissheit, die sich nach ein paar Stunden des Stehens in der Enge mit knapp werdendem Sauerstoff zur Panik steigern kann. Irgendwann verrichtet der Erste seine Notdurft auf den Boden, ungeachtet der Tatsache, dass dort schon Leidensgenossen sitzen, die nicht mehr stehen können – Aggressivität brandet in dem winzigen Räumchen auf. Empfehlungen zum Verhalten in einer solchen Ausnahmesituation können wohl kaum gegeben werden.

Aber wäre Vorbeugung möglich? Durchaus! Für den Fall eines langandauernden Stromausfalls müsste vorsorglich zusätzliches Personal (z. B. in der Nähe wohnhafte Rentner) rekrutiert und eingewiesen werden, die dann im Ernstfall selbständig an vorbestimmten Fahrstühlen tätig werden.

Doch der Autor ist sich sicher, dass eine solche Initiative der vorbeugenden Gefahrenabwehr keine Chance hat, tatsächlich umgesetzt zu werden. Ihr steht eine übermächtige Truthahnillusion entgegen.

8. Schlusswort

Heute, am trüben, windstillen Morgen des 27.11.2020 lieferten die fast 30.000 Windräder und mehr als 1,7 Millionen Fotovoltaikanlagen in Deutschland Strom mit einer Leistung von 774 Megawatt. Das war **lediglich ein Prozent des Bedarfs von 72,6 Gigawatt [35]**. Heute konnten Kohle- und Kernkraftwerke das gigantische Defizit noch ausgleichen, doch in nur 400 Tagen wird auch das letzte der verbliebenen Kernkraftwerke Brokdorf, Grohnde und Gundremmingen C abgeschaltet. Das Ausland kann Situationen wie die heutige nicht abfangen. Und unter dem politischen Druck, Abschaltungen von Verbrauchern möglichst zu vermeiden, werden die Netzbetreiber das Stromnetz **zunehmend am Rande seiner Leistungsfähigkeit** fahren. Das macht einen großflächigen langandauernden Stromausfall – auch Blackout genannt – immer wahrscheinlicher.

Nach einem einwöchigen Blackout wäre Deutschland zweifellos ein anderes Land. In diesem Land würde dann sofort die Suche nach jenen beginnen, denen man die Schuld zuweisen kann für zehntausende Tote, für den Ruin ganzer Wirtschaftszweige und eine Schadenshöhe, die sich nach Billionen Euro bemisst. Man wird sie sehr schnell ausmachen: „Gegner der Energiewende, welche in unverantwortlicher Weise den Ausbau der erneuerbaren Energien behindert haben". Zu den Wortführern einer solchen Argumentation gehörte wohl auch die staatsnahe „Denkfabrik" **Agora Energiewende**, von der sich die Bundesregierung beraten lässt. Dabei hat diese „Denkfabrik" jüngst ein Konzept zur Erreichung der verschärften CO_2-Ziele für 2030 vorgelegt, das man als einen weiteren Nagel am Sarg der Versorgungssicherheit mit Elektroenergie bezeichnen kann. Der wirklich fachkundige Wirtschaftsredakteur Daniel Wetzel berichtete in einem WELT-Artikel **[36]** am 14.11.2020 über die Forderung von Agora, weitere fünf Millionen Wärmepumpen in Deutschland zu installieren.

Wärmepumpen brauchen Strom – im Winter besonders viel, weil ihr Wirkungsgrad dann sehr schlecht ist. Und eine Studie des Energiewirtschaftlichen Instituts der Universität Köln für ganz Westeuropa zeigt, dass Millionen von Wärmepumpen an kalten Wintertagen das Stromnetz leersaugen, so dass in den Ländern Westeuropas ein Defizit von bis zu 70 Gigawatt auftreten könnte.

Fällt Meinungsführern der Energiewende wie Agora noch rechtzeitig jemand in den Arm? Anderenfalls müssen wir wohl alle gemeinsam die **von ihren Ideen verschuldeten Folgen** eines langandauernden großflächigen Stromausfalls tragen.

9. Quellen

[1] Bericht „Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften – am Beispiel eines großräumigen und langandauernden Ausfalls der Stromversorgung", Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestags (04/2011)

[2] Stromausfall Vorsorge und Selbsthilfe, Ausgabe: 3, Stand: Januar 2019, ohne ISBN

[3] Am 16. Oktober 2018 wurde vom Fernsehsender 3sat ab 23.15 Uhr die Sendung ausgestrahlt: „Strom aus – wie sicher sind unsere Netze?"

[4] Sonnensturm: Wie wahrscheinlich ist ein „Superflare"? Süddeutsche Zeitung vom 17.11.2017

[5] Bennert et al. "Kann der Mensch das „Klima retten"? – 60 Fragen und Antworten zu Klimawandel und Energiewende", 2020, Kaleidoscriptum Verlag

[6] Earth's magnetic field is acting up and geologists don't know why, 09.01.2019, www.nature.com/articles/d4158

[7] www.out-of-canada.olehelmhausen.de/eissturm-1998-in-quebec-ueberleben-im-glaesernen-sarg

[8] www.deutschlandfunkkultur.de/stromnetz-mit-taktgefuehl.1067.dehtml?dram:article_id=224254

[9] www.security-insider.de/hacker-angriffe-auf-das-deutsche-stromnetz-a-604404/

[10] www. umwelt-energie-report.de/2019/06/cyberangriffe-auf-stromnetze-bis-es-mal-richtig-knallt.html

[11] www.3sat.de/gesellschaft/makro/wirtschaftsdokumentation-cyberangriff-aufs-stromnetz-100.html

[12] Cyberangriff auf das Berliner Kammergericht, Hacker hatten Zugriff auf sämtliche Daten – der Schaden ist riesig, DER TAGESSPIEGEL vom 28.01.2020

[13] Stromausfall - Grundlagen und Methoden zur Reduzierung des Ausfallrisikos der Stromversorgung, Wissenschaftsforum der BBK. Gemeinsam handeln. Sicher leben. Band 12, 11.09.2019

[14] www.naeb.info

[15] www.pv-magazine.de/2019/bdew-kritisiert-schleppenden-bau-neuer-co2-armer-kraftwerke/

[16] WirtschaftsWoche 20/5, 24.01.2020: Das Schlupfloch. Die Umstellung von Kohlekraftwerken auf Gas soll die deutsche Klimabilanz retten

[17] Bayerische Staatszeitung vom 29.03.2019: Der Irrsinn von Irsching

[18] www.focus.de/politik/deutschland/philippsburg-2-in-baden-württemberg-akw-im-laenle-geht-vom-netz-dafuer-mehr-atom-und-kohlestrom-aus-dem-ausland_id_11498343.html

[19] www.welt.de/wirtschaft/plus205011562/Blackout-in-Deutschland-Die-Stromlücke-kommt-spaeter-dafuer-aber-schlimmer.html

[20] www.welt.de/wirtschaft/article206426873/Uniper-Chef-Die-Gefahr-eines-Blackouts-ist-da.html

[21] www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/verkehrsministerium-will-zehn-millionen-e-autos-bis-2030-a-1274272.html

[22] www.dke.de/de/arbeitsfelder/energy/sektorenkopplung/
[23] F. Prillwitz, M.Krüger: Netzwiederaufbau nach Großstörungen www.iee.uni-rostock.de/storages/uni- rostock/Alle_IEF/IEE/Publikationen_EEV/Netzwiederaufbau_nach_Grossstoerungen.pdf
[24] www.next-kraftwerke.de/wissen/schwarzstart
[25] www.wbgu.de/de/publikationen/publikation/welt-im-wandel-gesellschaftsvertrag-fuer-eine-grosse-transformation
[26] www.focus.de/elektroauto/gruenen-chefin-im-sommerinterview-best-of-barbock-die-gruenen-loesen-endlich-das-kobold-problem-bei-elektroautos_id_10972692.html
[27] Nassim Nicholas Talib: Der Schwarze Schwan – Konsequenzen aus der Krise, München 2012, ISBN 9783423347341
[28] www.saurugg.net, darin: Vernetzung und Komplexität
[29] www.spiegel.de/panorama/zeitgeschichte/blackout-von-1977-new-yorks-dunkelste-nacht-a-493609.html
[30] https://group.vattenfall.com/de/siteassets/de/energie/wasser/pumpspeicherwerke_baustein_der_energiewende.pdf
[31] M. Langenbach, P: Fischer, Trinkwassernotbrunnen in Deutschland, Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau, 11/2008
[32] www.fragdenstaat.de/anfrage/standorte-trinkwasser-notbrunnen
[33] U. Grasberger, B. Rias-Bucher, Das Kochbuch für Notfall & Krise, Rezepte für 28 Tage für 4 Personen, assermann Verlag 2020
[34] www.bdew.de/media/documents/Pub_20191031_Wie-heizt-Deutschland-2019.pdf
[35] www.tichyseinblick.de/wirtschaft/kein-strom-aus-sonne-und-wind/
[36] www.welt.de/wirtschaft/plus.220043422/Wahnsinn-Waermepumpe-Der-Energiewende-droht der-naechste-kollaps.html
[37] www.atomwaffena-z.info/glossar/e/e-texte/artikel/13d6457f610256d1b37c0a9c3e312766/emp-bombe.htl

10. Über den Autor

Prof. Dr. sc. techn. Dr. rer. nat. Wulf Bennert

Geb. 1942. Studium der Geophysik und Physik in Freiberg und Jena, von 1964 bis 1984 Tätigkeit am Institut für Physik der Hochschule für Architektur und Bauwesen in Weimar

1990 Gründung der Bennert-Gruppe, des größten deutschen Unternehmens für Bauwerkssicherung und Restaurierung, das während seiner Geschäftsführung mit mehr als 300 Mitarbeitern bis 2007 an über 3.000 meist denkmalgeschützten Objekten im In- und Ausland tätig war (darunter Brandenburger Tor, Wartburg, Schloss Neuschwanstein)

2007 Bundesverdienstkreuz

2008 bis 2013 Vorstandsmitglied und wissenschaftlicher Direktor der Stiftung Schloss Ettersburg – Gestaltung des demografischen Wandels

2002 bis 2014 Vorstandsvorsitzender des Denkmalverbundes Thüringen e. V. und Lehrtätigkeit an der Fachhochschule Erfurt für Bauwerkssicherung und Bauwerksdiagnostik

ab 2014 freiberuflicher Sachverständiger

Von ihm erschienen Veröffentlichungen zu ganz unterschiedlichen Fachgebieten.

Wulf Bennert ist (zusammen mit Ulf Werner) Autor von „Windenergie" – dem einzigen zu diesem Thema in der DDR erschienenen Sachbuch.

Bestseller wurden sein Buch „Windmühlengeschichten" und die Broschüre „Kann der Mensch das "Klima retten"?", deren Leitautor er ist. Beide Druckerzeugnisse sind unter www.kaleidoscriptum-verlag.de erhältlich.

Blackout
Kleines Handbuch zum Umgang mit einer wachsenden Gefahr

Schon 2011 warnte der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestags vor *„einem Kollaps der gesamten Gesellschaft"* als Folge eines großflächigen und langandauernden Stromausfalls. Diese Warnung ist seitdem praktisch wirkungslos verhallt. „Blackout – kleines Handbuch für den Umgang mit einer wachsenden Gefahr" weist nach, dass es sich bei einem solchen Stromausfall um eine nationale Katastrophe mit zehntausenden von Toten handelt, deren Eintrittswahrscheinlichkeit derzeit immer weiter steigt. In der Broschüre werden Architektur und Wirkungsweise unseres Stromnetzes ausführlich erläutert sowie das vielfältige Spektrum seiner Gefährdungen analysiert: zunehmende Cyberangriffe, Bevorrechtigung der schwankenden Einspeisung von Wind und Sonne mit Umkehr der Fließrichtung des Stroms im Netz, defizitäre Energieerzeugung und auch koronare Sonnenauswürfe. Im Licht dieser Fakten sind dann die erschreckende Inkompetenz regierungsamtlicher Vorsorgemaßnahmen und die mangelnde Sachkunde verantwortlicher Politiker zu sehen.

Wichtigstes Anliegen des „Kleinen Handbuchs" von Wulf Bennert ist es, die Leserschaft auf aktuellem Stand über Möglichkeiten und Grenzen rechtzeitiger Vorsorge gegen einen Blackout zu informieren sowie über hilfreiche Verhaltensstrategien während seiner Dauer. Diese können je nach Wohn- und Lebenssituation recht unterschiedlich sein. Die Broschüre bietet eine breite Palette verschiedener Empfehlungen, die vom Erkennen des Blackout über den richtigen Umgang mit dem Trinkwasser- und Toilettenproblem, über Licht im Dunkeln, Zubereitung von Lebensmitteln, den Weiterbetrieb der Heizung bis zur Auswahl des geeigneten Notstromaggregats und der möglichen Nutzung einer Solaranlage bei Stromausfall reichen. Es sind Ratschläge, die im Ernstfall das Überleben sichern können. Deshalb sollte die Broschüre in jedem Haushalt verfügbar sein.

KALEIDOSCRIPTUM
VERLAG

ISBN 978-3-00-067547-8